Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia
2013

PEREKAYASAAN SISTEM AUDIO



2

UNTUK SMK / MAK KELAS X



Penulis : **HENDRO HERMANTO**

Editor Materi : **WIDIHARSO**

Editor Bahasa :

Ilustrasi Sampul :

Desain & Ilustrasi Buku :**PPPPTK BOE MALANG**

Pusat Pengembangan & Pemberdayaan Pendidik & Tenaga Kependidikan Bidang Otomotif & Elektronika:

Jl. Teluk Mandar, Arjosari Tromol Pos 5, Malang 65102, Telp. (0341) 491239, (0341) 495849, Fax. (0341) 491342, Surel: vedcmalang@vedcmalang.or.id, Laman: www.vedcmalang.com



DISKLAIMER (DISCLAIMER)

Penerbit tidak menjamin kebenaran dan keakuratan isi/informasi yang tertulis di dalam buku tek ini. Kebenaran dan keakuratan isi/informasi merupakan tanggung jawab dan wewenang dari penulis.

Penerbit tidak bertanggung jawab dan tidak melayani terhadap semua komentar apapun yang ada didalam buku teks ini. Setia**ISKL**p komentar yang tercantum untuk tujuan perbaikan isi adalah tanggung jawab dari masing-masing penulis.

Setiap kutipan yang ada di dalam buku teks akan dicantumkan sumbernya dan penerbit tidak bertanggung jawab terhadap isi dari kutipan tersebut. Kebenaran keakuratan isi kutipan tetap menjadi tanggung jawab dan hak diberikan pada penulis dan pemilik asli. Penulis bertanggung jawab penuh terhadap setiap perawatan (perbaikan) dalam menyusun informasi dan bahan dalam buku teks ini.

Penerbit tidak bertanggung jawab atas kerugian, kerusakan atau ketidaknyamanan yang disebabkan sebagai akibat dari ketidakjelasan, ketidaktepatan atau kesalahan didalam menyusun makna kalimat didalam buku teks ini.

Kewenangan Penerbit hanya sebatas memindahkan atau menerbitkan mempublikasi, mencetak, memegang dan memproses data sesuai dengan undang-undang yang berkaitan dengan perlindungan data.

Katalog Dalam Terbitan (KDT)
Audio Video, Edisi Kedua 2013
Kementrian Pendidikan & Kebudayaan
Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik & Tenaga Kependidikan, Tahun 2013 : Jakarta



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas tersusunnya buku teks ini, dengan harapan dapat digunakan sebagai buku teks untuk siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Program Keahlian Bidang Studi Audio Video,Perekayasaan Sistem Audio
Penerapan kurikulum 2013 mengacu pada paradigma belajar kurikulum abad 21 menyebabkan terjadinya perubahan, yakni dari pengajaran (teaching) menjadi belajar (learning), dari pembelajaran yang berpusat kepada guru (teachers-centered) menjadi pembelajaran yang berpusat kepada peserta didik (student-centered), dari pembelajaran pasif (pasive learning) ke cara belajar peserta didik aktif (active learning) atau Student Active Learning.

Buku teks ″Perekayasaan Sistem Audio″ ini disusun berdasarkan tuntutan paradigma pengajaran dan pembelajaran kurikulum 2013 diselaraskan berdasarkan pendekatan model pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan belajar kurikulum abad 21, yaitu pendekatan model pembelajaran berbasis peningkatan keterampilan proses sains.

Penyajian buku teks untuk Mata Pelajaran ″Perekayasaan Sistem Audio″ ini disusun dengan tujuan agar supaya peserta didik dapat melakukan proses pencarian pengetahuan berkenaan dengan materi pelajaran melalui berbagai aktivitas proses sains sebagaimana dilakukan oleh para ilmuwan dalam melakukan eksperimen ilmiah (penerapan scientifik), dengan demikian peserta didik diarahkan untuk menemukan sendiri berbagai fakta, membangun konsep, dan nilai-nilai baru secara mandiri.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, dan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan menyampaikan terima kasih, sekaligus saran kritik demi kesempurnaan buku teks ini dan penghargaan kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam membantu terselesaikannya buku teks siswa untuk Mata Pelajaran Perekayasaan Sistem Audio Kelas X / Semester 2 Sekolah Menengah Kejuruan (SMK).

Jakarta, 12 Desember 2013

Menteri Pendidikan dan Kebudayaan

Prof. Dr. Mohammad Nuh, DEA



Daftar Isi





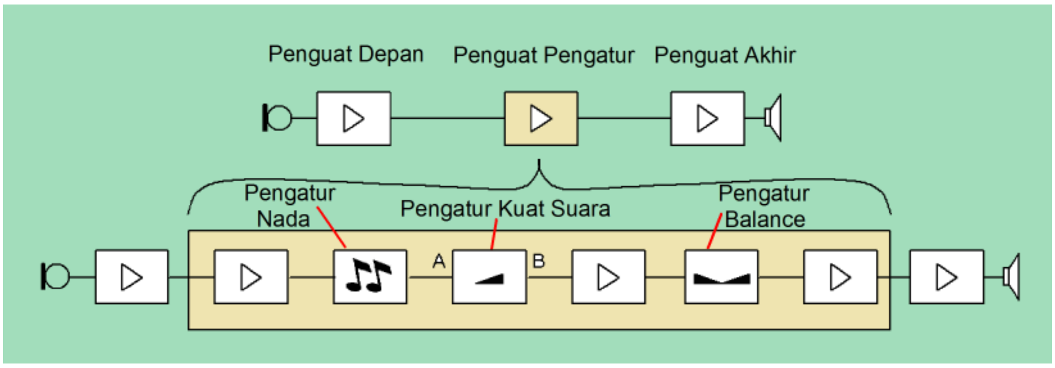
1.Rangkaian pengatur nada (tone control) penguat audio

KOMPETENSI INTI (KI-3)	KOMPETENSI INTI (KI-4)
Kompetensi Dasar (KD): 1. Merencana rangkaian pengatur nada (tone control) penguat audio	**Kompetensi Dasar (KD):** 1. Mengukur rangkaian pengatur nada (tone control) penguat audio
Indikator: 1.1. Memahami arsitektur rangkaian pengatur nada rangkaian pengatur nada penguat audio. 1.3. Mendimensikan komponen DC (statis) dan komponen AC (dinamis) pengatur nada (tone control) penguat audio 1.2. Merencana penguat audio 1.4. Mendimensikan tanggapan frekuensi rangkaian pengatur nada penguat audio 1.5. Mendeskripsikan faktor cacat dan cakap silang (cross talk) rangkaian pengatur nada penguat audio sistem stereo 1.6. Mengerti kegunaan dan penerapan spesifikasi data teknis pengatur nada pada penguat audio	**Indikator:** 1.1. Menggambar skema rangkaian pengatur nada audio (tone control) beserta daftar komponen dan nama komponen. 1.2. Mendesain, merakit papan rangkaian tercetak (PRT) pengatur nada audio (tone control) menggunakan perangkat lunak. 1.3. Melakukan pengukuran titik kerja DC (statis) dan AC (dinamis) rangkaian pengatur nada (tone control) menggunakan perangkat lunak dan interprestasi data hasil pengukuran 1.4. Melakukan pengukuran tanggapan frekuensi rangkaian pengatur nada (tone control)menggunakan perangkat lunak dan interprestasi data hasil pengukuran 1.5. Melakukan pengukuran faktor cacat dan cakap silang (cross talk) rangkainpengatur nada (tone control)sistem stereo 1.6. Menyajikan spesifikasi data teknis rangkaian pengatur nada (tone control)sistem audio

1.1. Arsitektur rangkaian penguat pengatur.

Diantara blok rangkaian penguat depan denngan penguat akhir terdapat blok penguat pengatur. Dalam penguat pengatur ini terdapat pengaturan kuat suara, pengaturan nada dan pengatur kesetimbangan kanal untuk sistem stereo. Pengatur kuat suara berfungsi menyesuaiakan kuat suara sekeliling dengan

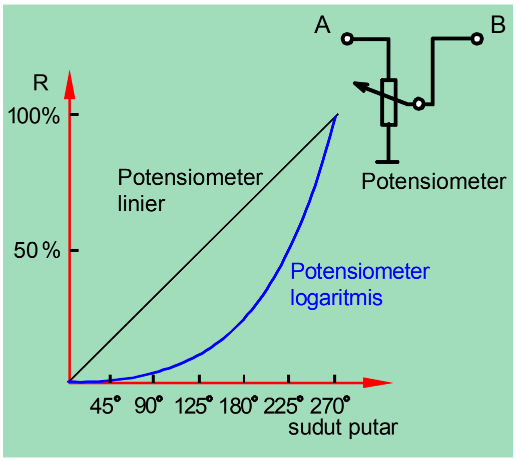
kebiasaan mendengar. Sedang pengatur nada untuk menyesuaikan dengan akustik ruangan.



Gambar 1.1 Gambar diagram sebuah penguat suara

1.2. Pengatur kuat suara

1.2.1. Pengatur Kuat Suara Sederhana



Gambar 1.2. Gambar simbol Potensiometer dan karakteristiknya

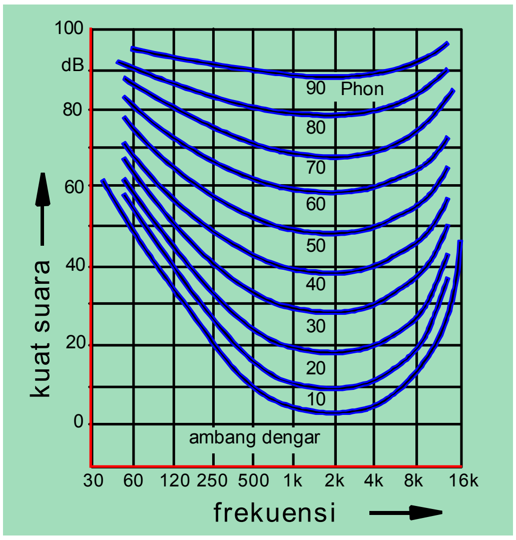
Pengatur paling sederhana dengan sebuah potensiometer yang bekerja sebagai pembagi tegangan sederhana. Digunakan logaritmis posistif, karena hubungan antara tekanan bunyi yang terpancarkan dan perasaan pendengaran yang mendekati logaritmis.

Gambar 1.2. memperlihatkan gambar simbol potensiometer dan karakteristiknya

Pengatur kuat suara sederhana tidak mengoreksi perasaan pendengaran pada frekuensi rendah dan tinggi pada kuat suara lemah. Digunakan potensiometer dari jenis logaritmis positif akan menyebabkan saat posisi lemah pengaturan akan perlahan tidak sebanding dengan sudut putar potensiometer.

Untuk mengoreksi perasaan pendengaran pada frekuensi rendah dan tinggi pada kuat suara yang berlainan digunakan pengaturan sesuai dengan pendengaran,yang biasa disebut pengaturan kuar suara dengan loudness.

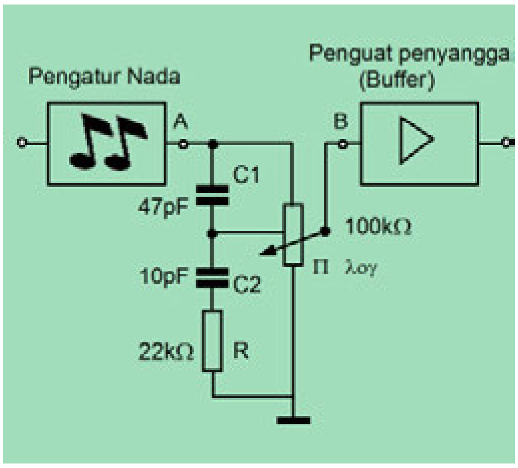
1.2.3. Pengatur Kuat Suara sesuai Pendengaran (Psikologis)



Pendengaran manusia tidak mempunyai fungsi yang linier. Semakin lemah kuat suara sebuah sumber bunyi, tekanan bunyi harus lebih kuat pada frekuensi rendah dan tinggi untuk menimbulkan tekan nada yang “ linier “ didalam telinga. Pada kuat suara sangat keras perasaan pendengaran hampir linier. Gambar 1.3. memperlihatkan karakteristik pendengaran tersebut.

Gambar 1.3. Karakteristik pendengaran

Gambar 1.4. berikut ini menunjukkan pengatur kuat suara sesuai pendengaran terjadi pada kuata suara lemah (penggeser potensiometer dekat dengan hubungan Massa/ 0V) tegangan berfrekuensi rendah (bass) dan tinggi (treble) sedikit diangkat lebih tinggi dibanding pada frekuensi tengah (middle).



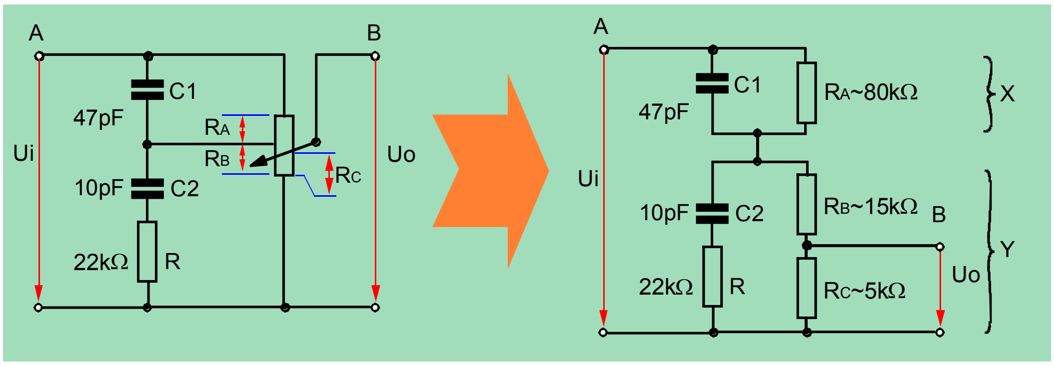
Pendengaran manusia tidak mempunyai fungsi yang linier. Semakin lemah kuat suara sebuah sumber bunyi, tekanan bunyi harus lebih kuat pada frekuensi rendah dan tinggi untuk menimbulkan tekan nada yang “ linier “ didalam telinga. Pada kuat suara sangat keras perasaan pendengaran hampir linier. Gambar 1.4. memperlihatkan karakteristik

Gambar 1.4. Pengatur kuat suara

pendengaran tersebut.

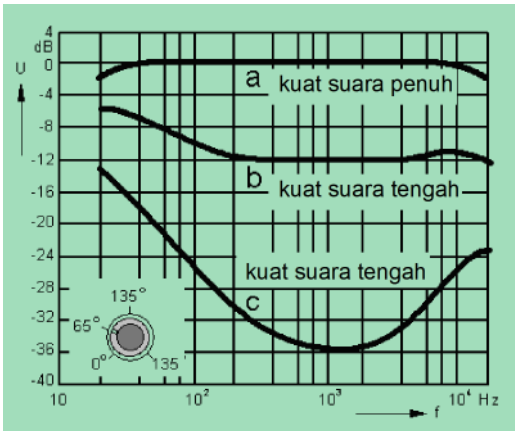
dengan loudness

Untuk memahami cara kerja rangkaian, kita sederhanakan rangkaian diatas. Posisi penggeser potensiometer dianggap seperti gambar 1.5. dibawah ini.



Gambar 1.5. Rangkaian pengganti pengatur kuat suara dengan loudness

Frekuensi berganti dari 1000Hz ke frekuensi lebih tinggi. Kapasitor C1 akan bertahanan rendah. Tegangan jatuh di X akan menjadi kecil, di Y menjadi besar. Dengan demikian tegangan keluaran Ua akan lebih besar. Frekuensi berganti dari 1000Hz ke frekuensi lebih rendah. Kapasitor C2 akan bertahanan tinggi. Tegangan jatuh di Y akan menjadi besar.



Gambar 1.6. Tanggapan frekuensi sebuah pengaturan kuat suara sesuai pendengaran

Dengan demikian tegangan keluaran Ua juga menjadi besar. Kapasitor C1 mengakibatkan pengangkatan tegangan keluaran pada frekuensi rendah. Frekuensi rendah dan tinggi direproduksi lebih kuat daripada frekuensi pada kuat suara lemah. Sifat untuk jaringan ini dapat dilihat dalam grafik pada gambar 1.6.

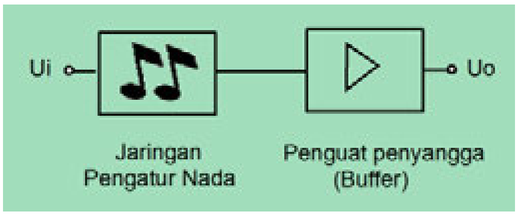
1.3 Pengatur Nada

Pengatur nada bertugas menyesuaikan nada frekuensi tinggi dan rendah dengan selera pendengar dan akustik ruang, sehingga timbul gambaran nada yang diinginkan.

Keterpengaruhan nada yang dapat dikoreksi :

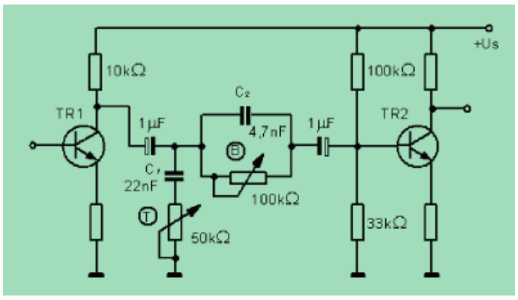
- Tenggapan frekuensi dari sumber bunyi yang berbeda-beda
- Karakteristik reproduksi dari loudspeaker
- Penurunan perasaan pendengaran untuk frekuensi tinggi dalam usia tua
- Sifat bunyi ruangan
- Dan lain-lain

1.3.1 Pengatur nada pasif



Gambar 1.7. Diagram blok pengatur nada pasif

Pada pengatur nada pasif sinyal melalui keterpengaruhan frekuensi pada dasarnya selalu diperlemah. Secara diagram blok dapat digambarkan seperti gambar 1.7.

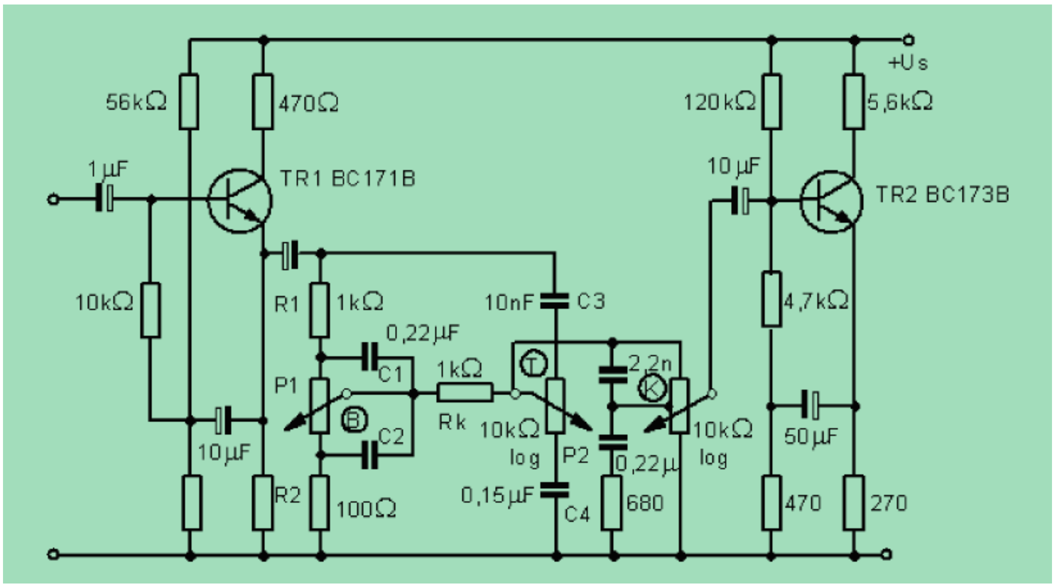


Gambar 1.8. Pengatur nada paling sederhana melalui peredam tegangan sinyal frekuensi tinggi dan rendah

Penguat penyangga mempunyai tugas menaikkan level sinyal yang terendam pengatur nada. Melalui tingginya penguatan penguat antara atau penguat penyangga/ buffer. akan timbul faktor harmonis dan cacat intermodulasi yang merupakan keburukan pengatur nada pasif ini.

Cara kerja pengatur nada Gambar 1.8 sebagai berikut, melalui kapasitor C1 frekuensi tinggi sampai pada potensiometer T (Potensiometer pengatur Trebel/nada tinggi). Sesuai posisi penggeser banyak atau sedikit sinyal frekuensi tinggi dihubung singkat dengan massa sedang untuk frekuensi rendah kapasitor C2 mempunyai tahanan yang besar.

Sedang frekuensi tinggi melewati C2 tanpa rintangan. C2 terletak paralel dengan potensiometer B (Potensiometer pengatur Bass/nada rendah), maka sinyal berfrekuensi rendah akan melewati potensiometer ini . Tergantung posisi penggeser potensiometer T frekuensi rendah sedikit atau banyak dilewatkan hingga mencapai transistor TR2.. Rangkaian ini mempunyai keburukan yang besar, bahwa pengatur nada rendah dan tinggi saling mempangaruhi dan kuat suara berubah. Rangkaian pengatur nada seperti Gambar 1.9 berikut memperbaiki keburukan tersebut.

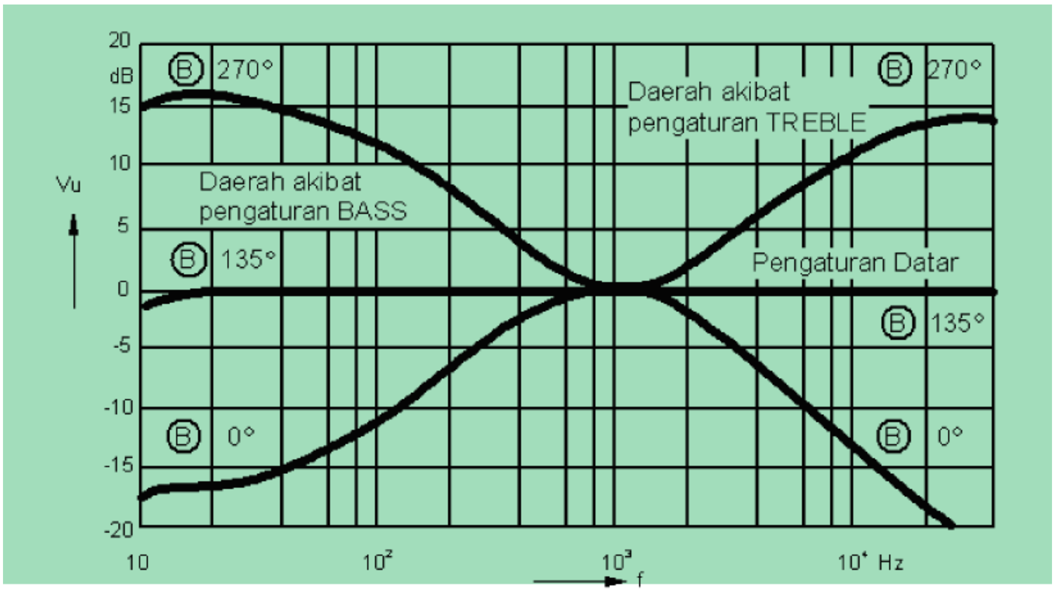


Gambar 1.9. Pengatur nada pasif

Frekuensi rendah dan tinggi dikuatkan atau diredam terpisah tanpa terpengaruh oleh pengaturan satu sama lain. Pada rangkaian tengah potensiometer (posisi penggeser potensiometer berada ditengah-tengah) menghasilkan tanggapan frekuensi yang datar dengan redaman dasar sebesar 20 dB.

Redaman ini disesuaikan dengan penguat antara TR2. Sehingga secara keseluruhan jaringan pengatur nada mempunyai redaman 0 dB pada potensiometer posisi tengah. Sementara transistor TR1 dirangkai sebagai penyesuai impedansi dengan dirangkai kolektor bersama (common collector).

Grafik berikut menampilkan capaian frekuensi jaringan pengatur nada.



Gambar 1.10. Tanggapan frekuensi pengatur nada pasif

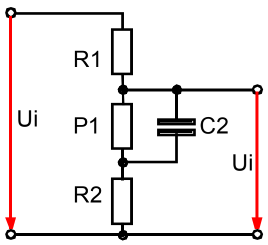
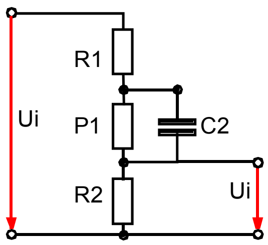
Pada frekuensi 100 Hz **“**BASS **“** dapat dikuatkan 12 dB atau diredam minus 12 dB pada frekuensi 10 kHz “ TREBEL “ dapat dikuatkan plus 12 dB

Pada frekuensi 1000 Hz tifdak tejadi pengaruh pengaturan nada rendah dan tinggi.

Perbandingan pembagi tegangan dengan bantuan gambar rangkaian pengganti berikut terlihat cara kerja pengaturan bass dan terbel. 1. Perhitungan hanya perhitungan kasar, Tetapi menunjukkan karakteristik dengan sangat jelas.

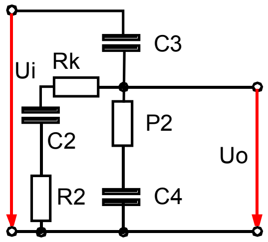
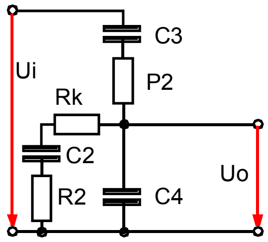


Tabel 1 Pengaturan nada rendah : Komponen pengaturan nada tidak mempengaruhi pengaturan nada rendah

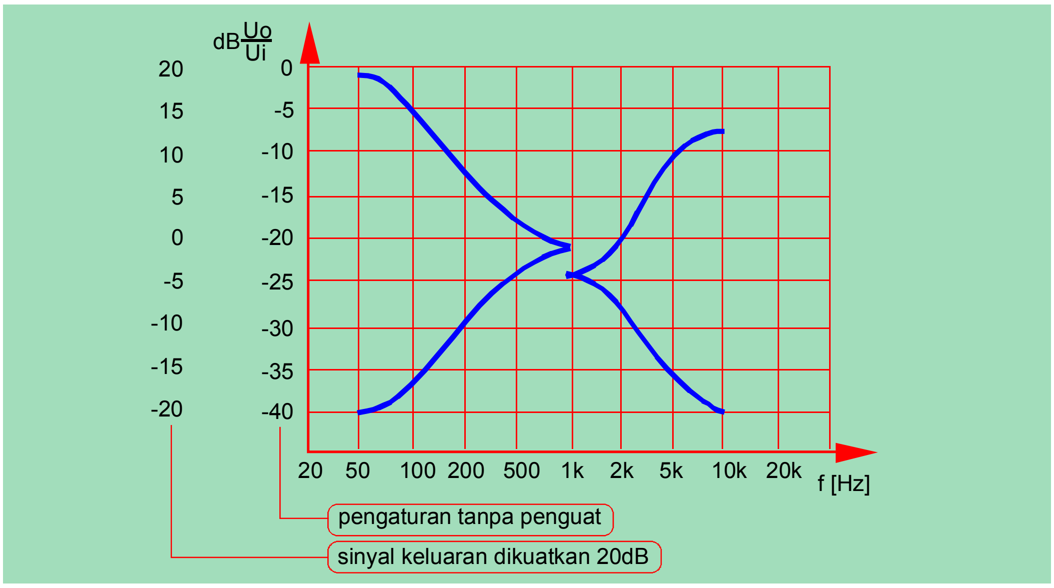
Gambar pengganti pada nada rendah maksimum posisi 270^0		Gambar pengganti pada nada rendah maksimum posisi 0^0	
f = 1 kHz	f = 50 Hz	f = 1 kHz	f = 50 Hz
R_1=1kΩ, R_2=100Ω, P1=10kΩ, Xc_2=72Ω	R_1=1kΩ, R_2=100Ω, P1=10kΩ Xc_2=14,4Ω	R_1=1kΩ, R_2=10kΩ R_2=100Ω Xc_2=720Ω	R_1=1kΩ, R_2=100Ω, P_1=10kΩ, Xc_2=14,4Ω
	Perhitungan	**kasar**	
Xc_2<<P_1, R_2>Xc_2 maka $Uo = \frac{R_2}{R_1+R_2}.Ui$ $\frac{Uo}{Ui} = \frac{100\,\Omega}{1k\Omega+100\,\Omega}$ $\frac{Uo}{Ui} = \frac{0,1}{1,1}$ $dB\frac{Uo}{Ui} = 20\log\frac{10}{11}$ $dB\frac{Uo}{Ui} = -1dB$	Xc_2 < P_1 R_2 << P_1 maka $Uo = \frac{P_1}{R_1+P_1}Ui.$ $\frac{Uo}{Ui} = \frac{10k\,\Omega}{1k\Omega+10k\Omega}$ $\frac{Uo}{Ui} = \frac{10}{11}$ $dB\frac{Ua}{Ue} = 20\log\frac{10}{11}$ $dB\frac{Ua}{Ue} = -1dB$	Xc_1 << R_1,> Xc_{C1} maka $Uo = \frac{R_2}{R_1+R_2}Ui$ $\frac{Uo}{Ui} = \frac{100\,\Omega}{1k\Omega+100\,\Omega}$ $\frac{Uo}{Ui} = \frac{0,1}{1,1}$ $dB\frac{Uo}{Ui} = 20\log\frac{1}{11}$ $dB\frac{Uo}{Ui} = -21dB$	Xc_1<P_1,P_1,>>R_1 maka $Uo = \frac{R_2}{P_1+P_2}.Ui$ $\frac{Uo}{Ui} = \frac{100\,\Omega}{10\ k\Omega+100\,\Omega}$ $\frac{Uo}{Ui} = \frac{0,1}{10,1}$ $dB\frac{Uo}{Ui} = 20\log\frac{1}{101}$ $dB\frac{Uo}{Ui} = -40dB$



Tabel 2 Pengaturan nada tinggi : Komponen R_k, C_2, R_2 dari pengatur nada rendah masih mempunyai pengaruh atas pengaturan nada tinggi . Tetapi potensiometer P1 tidak mempengaruhi

Gambar pengganti pada nada tinggi maksimum posisi 270^0		Gambar pengganti pada nada tinggi maksimum posisi 0^0	
f = 1kHz	f = 10kHz	f = 1kHz	f = 10kHz
Xc_3 = 16kΩ, P_2 = 10kΩ Xc_4 = 1kΩ, Xc_2 = 72Ω R_2 = 100 Ω, Rk = 1kΩ	Xc_3 = 1,6kΩ, P_2 = 1,0kΩ Xc_4 = 100kΩ, Xc_2 = 7,2 Ω R_2 = 100 Ω, Rk = 1kΩ	Xc_3 = 16kΩ, P_2 = 10kΩ Xc_4 = 1kΩ, Xc_2 = 72Ω R_2 = 100Ω, Rk = 1kΩ	Xc_3 = 1,6kΩ, P2 = 1,0kΩ Xc_4 = 100kΩ, Xc2 = 7,2Ω R_2 = 100 Ω, Rk = 1kΩ
	Perhitungan	**kasar**	
P_2>>Rk+Xc_2+R_2 Rk>>Xc_2+R_2 Maka : $Uo = \frac{Ui}{Xc_3 + Rk} \cdot Rk$ $\frac{Uo}{Ui} = \frac{1k\Omega}{16\,k\Omega + 1k\Omega}$ $\frac{Uo}{Ui} = \frac{1}{17}$ $dB\frac{Uo}{Ui} = 20\log\frac{1}{17}$ $dB\frac{Uo}{Ui} = -24\,dB$	P_2>>Rk+Xc_2+R_2 Rk>>Xc_2+R_2 Maka : $Uo = \frac{Ui}{Xc_3 + Rk} \cdot Rk$ $\frac{Uo}{Ui} = \frac{1k\Omega}{1{,}6\,k\Omega + 1k\Omega}$ $\frac{Uo}{Ui} = \frac{1}{2{,}6}$ $dB\frac{Uo}{Ui} = 20\log\frac{1}{2{,}6}$ $dB\frac{Uo}{Ui} = -8\,dB$	Xc_3>P_2 Xc_4<Rk+Xc_2+R_2 Maka : $U_o = \frac{Ui}{Xc_3 + Xc_4} \cdot Xc_4$ $\frac{Uo}{Ui} = \frac{1k\Omega}{16\,k\Omega + 1k\Omega}$ $\frac{Uo}{Ui} = \frac{1}{17}$ $dB\frac{Uo}{Ui} = 20\log\frac{1}{17}$ $dB\frac{Uo}{Ui} = -24\,dB$	P_2>>Xc3 Xc_4<<Rk+Xv_2+R_2 Maka : $U_o = \frac{Uo}{P_2 + Xc_4} \cdot Xc_4$ $\frac{Uo}{Ui} = \frac{0{,}1k\Omega}{10k\Omega + 100\,k\Omega}$ $\frac{Uo}{Ui} = \frac{0{,}1}{10{,}1}$ $dB\frac{Uo}{Ui} = 20\log\frac{1}{101}$ $dB\frac{Uo}{Ui} = -40\,dB$

Gambar berikut ini adalah berdasarkan hasil perhitungan kasar tersebut

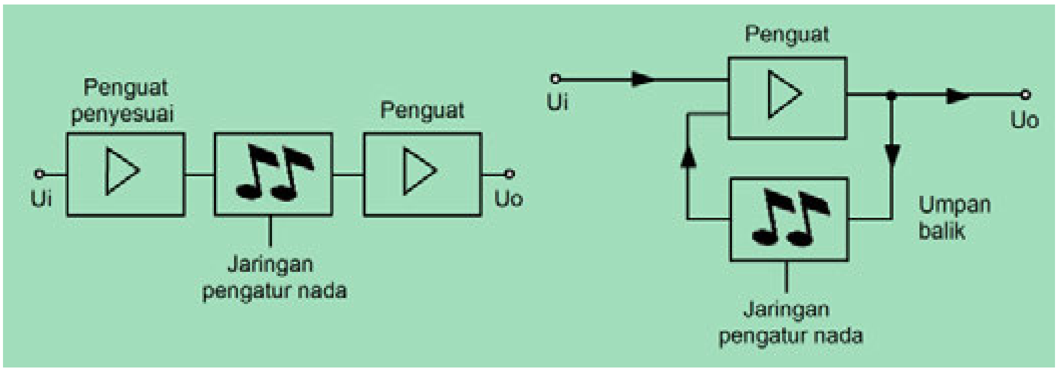


Gambar 1.11 Tanggapan frekuensi dari hasil hitungan

Dari proses cara kerja pengatur nada pasif yang hanya merupakan pelemahan, jadi sinyal dengan frekuensi yang diinginkan dilemahkan atau diredam. Untuk mengembalikan lagi ke level awal, maka setelah diolah di jaringan pengatur nada maka perlu dikuatkan. Pada kejadian seperti diperlihatkan dalam gambar 6.11, dikuatkan sebesar 20dB. Dampak dari hal ini, sinyal yang tidak diinginkan pun ikut dikuatkan 20dB, sehinggal level desis naik.

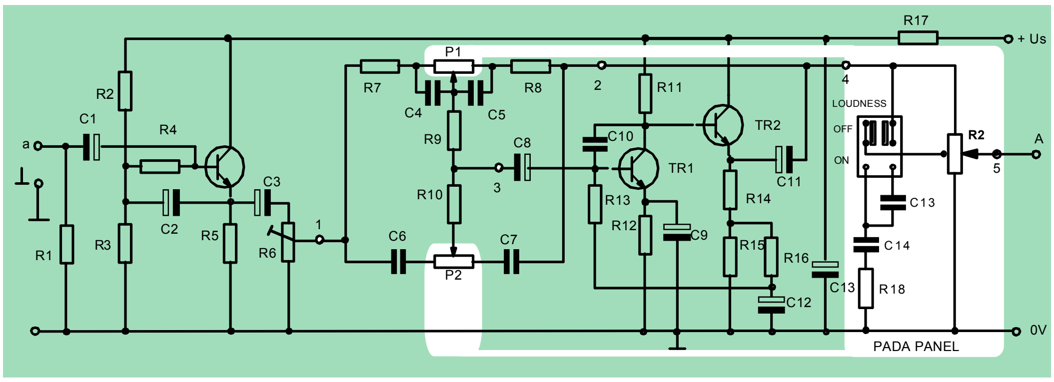
6.3.2 Pengatur Nada Aktif

Untuk mengurangi keburukan pengatur nada pasif, digunakan pengatur nada aktif. Pada pengatur ini jaringan pengatur nada terletak dalam rangkaian umpan balik penguat. Gambar 1.12 memperlihatkan diagram blok penguat pengatur nada aktif. Pada pengatur nada aktif, mengatur nada berarti mengatur penguatan penguat, maka jaringan pengatur diletakkan pada jaringan umpan balik



Gambar 1.12. Diagram blok pengatur nada pasif (kiri) dan aktif (kanan)

Berikut akan dibahas penguat pengatur nada aktif dengan transistor sebagai komponen aktifnya. Transistor pertama difungsikan sebagai penguat penyesuai, karena jaringan pengatur nada memiliki impedansi rendah, agar tidak membebani penguat sebelumnya transistor ke 2 berfungsi sebagai penguat pengatur nada . Transistor ke 3 berfungsi sebagai penguat penyesuai karena keluaran penguat akan dihubungkan ke umpan balik yang didalamnya berupa jaringan pengatur nada yang memiliki impedansi rendah. Transistor TR2 dan TR3 disambung secara arus searah mirip pada pembahasan penguat depan di bab sebelum ini.



Gambar 1.13. Rangkaian lengkap penguat pengatur nada



Daftar komponen untuk rangkaian gambar 6.13 adalah sebagai berikut :

Tahanan					
R1	680	kΩ	R10	3,3	kΩ
R2	150	kΩ	R11	15	kΩ
R3	270	kΩ	R12	2,2	kΩ
R4	47	kΩ	R13	100	kΩ
R5	4,7	kΩ	R14	3,3	kΩ
R7	4,7	kΩ	R15	820	Ω
R8	4,7	kΩ	R16	100	kΩ
R9	33	kΩ	R17	220	Ω

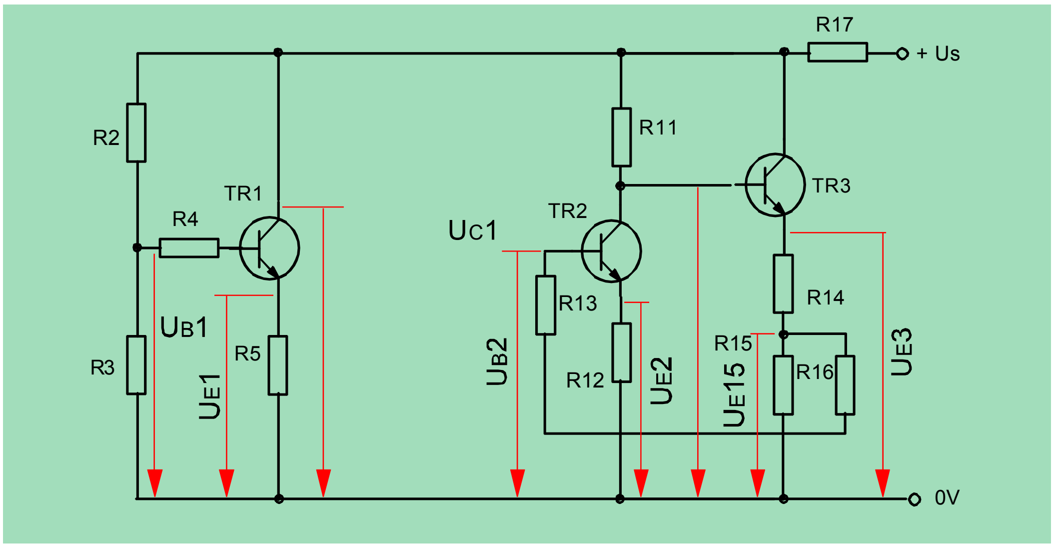
Kapasitor					
C1	10	µF	C8	10	µF
C2	100	µF	C9	470	µF
C3	10	µF	C10	47	pF
C4	47	nF	C11	10	µF
C5	47	nF	C12	10	µF
C6	2,2	nF	C13	100	µF
C7	2,2	nF	C14	47	pF
			C15	10	nF

Transistor		
TR1	BC549B	
TR2	BC549B	
TR3	BC549B	

Potensiometer		
R6	5 kΩ	trim
P1	100kΩ	Lin
P2	100kΩ	Lin
P3	100kΩ	Log/CT

Rangkaian arus searah.

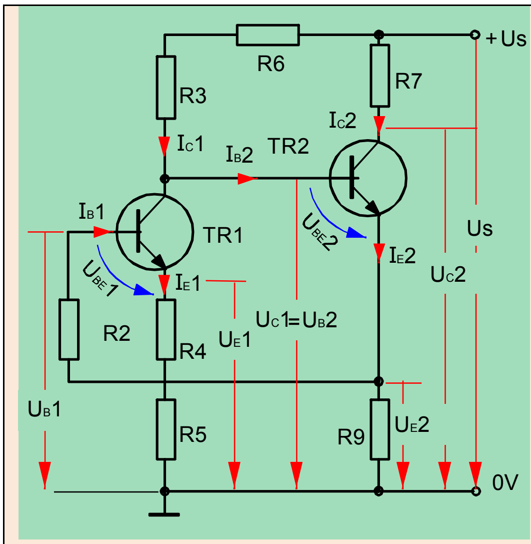
Setelah proses pensaklaran berlalu maka yang tertinggal adalah keadaan statis. Semua kapasitor terisi penuh dan berpotensial konstan rangkaian no 53-11.01 secara arus searah terlihat seperti berikut.



Gambar 1.14 Rangkaian arus searah PRT 53-11.01

Untuk membahas rangkajan arus searah penguat pengatur ini, dapat perbandjngkan dengan rangkaian arus searah dari penguat depan universal yang dibahas pada bab terdahulu. Gambar berikut ditampilkan, ditampilkan kembali rangkaian arus searah penguat depan.





Gambar 1.15. Rangkaian arus searah penguat depan universal

Kita perbandingkan rangkaian arus searah dalam gambar 1.14 dan gambar 1.15. Kedua rangkaian itu mempunyai kesamaan pada rangkaian gambar 1.14 transistor TR2 dan TR3 dibangun persis sama dengan rangkaian gambar 1.15. Sedang rangkaian dengan transistor TR1 pada penguat pengatur sederhana saja resistor R4 nantinya akan sangat berkepentingan dengan tegangan sinyal bekerja sama dengan kapasitor C2, yang akan dibicarakan pada paragraf rangkaian AC. Sedikit perbedaan dalam mengawali perhitungan nilai-nilai tegangan. Karena keluaran atau output diambil dari kaki emitor TR3, maka besarnya U_E3 harus ditetapkan sebesar setengah tegangan catu. Jadi jika tegangan catu 9V maka U_E3 harus sebesar 4,5V.

TUGAS 1

Hitunglah nilai tegangan dan arus dari rangkaian penguat pengatur dari gambar 1.14

No	Titik ukur	Perhitungan	Hasil
1	U_E3	………………………………………………………………………… …………………………………………………………………………	
2	U_B3	………………………………………………………………………… …………………………………………………………………………	



No	Titik ukur	Perhitungan	Hasil
3	U15	………………………………………………………………… ………… ………………………………………………………………… …………	
4	U_E2	………………………………………………………………… ………… ………………………………………………………………… …………	
5	U_C2	………………………………………………………………… ………… ………………………………………………………………… …………	
6	U_B2	………………………………………………………………… ………… ………………………………………………………………… …………	
7	U_C1	………………………………………………………………… ………… ………………………………………………………………… …………	
8	U_E1	………………………………………………………………… ………… ………………………………………………………………… …………	
9	U_B1	………………………………………………………………… ………… …………………………………………………………………	



No	Titik ukur	Perhitungan	Hasil
		…………	

TUGAS 2

a. Buatlah papan rangkaian tercetak PRT/PCB (Printed Circuit Board) untuk penguat dengan gambar rangkaian yang ditampilkan pada gambar 1.13. PRT bisa cara langsung dengan spidol atau dengan cara sablon dengan penggambaran menggunakan perangkat lunak.

b. Setelah PRT selesai solderlah hanya resistor dan transistornya saja.

c. Berilah tegangan catu sebesar 9Volt dan lakukan pengukuran pada kaki-kaki transistor, lengkapi tabel pengukuran.

d.

No	Titik ukur	Nilai tegangan secara teori	Hasil Pengukuran	Selisih (%)
1	$U_{E}3$			
2	$U_{B}3$			
3	U15			
4	$U_{E}2$			
5	$U_{C}2$			
6	$U_{B}2$			
7	$U_{C}1$			
8	$U_{E}1$			
9	$U_{B}1$			
Semua pengukuran diukur terhadap 0V (massa)				

Kesimpulan : ……………………………………………...……………………………………

……………………………………………………………………..…………………………...……

Rangkaian Arus Bolak-Balik.

Rangkaian penguat pengatur dapat kita pilahkan dalam 3 kelompok sehingga nampak jelas per bagiannya. Bagian-bagian itu adalah :

I. Penguat penyesuai masukan

II. Penguat pengatur nada

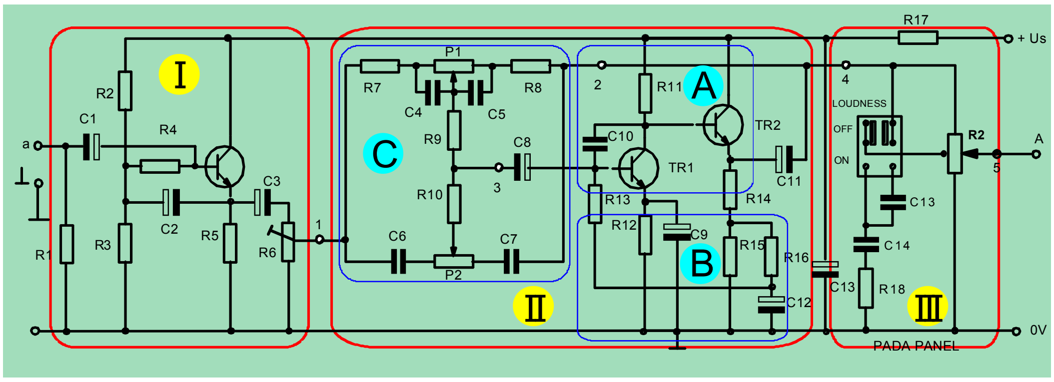
III. Pengatur kuat suara (volume)

Sedang pada penguat pengatur nada untuk uraian nantinya dapat dibagi lagi menjadi beherapa bagian

A. Jaringan penguat.

B. Jaringan umpan balik negatif dalam.

C. Jaringan umpan balik negatif luar.



Gambar 1.16. Pemilahan rangkaian.

Jaringan penguat dengan umpan balik dalam secara prinsip dapat dipersamakan dengan penguat depan. Dalam Jaringan penguat sendiri ada perbedaan dengan rangkaian penguat depan. Perbedaan itu terletak pada bangunan dasar rangkaian transistor TR1 ,TR2 dan TR3. Transistor TR1 dibangun dalam bentuk kolektor bersama dengan masukan bootstrap. Transistor TR2 dibangun dalam bentuk emitor bersama dimana rangkaian ini mempunyai penguatan yang besar sedang transistorTR3 dibangun datam bentuk kolektor bersama.

Dasar pembentukan ini adalah:



a. Rangkaian kolektor bersama mempunyai tahanan keluaran yang rendah untuk penyesuaian dengan tingkat berikutnya.

b. Untuk memisahkan jaringan pengatur nada dengan tingkat berikutnya sehingga tingkat berikutnya tidak mempengaruhi kerja pengatur nada.

c. Rangkaian kotektor bersama dengan bootsbap pada transistor TR1 untuk menaikkan tahanan masukan dengan cukup tinggi sehingga Jaringan pengatur nada tidak membebani tingkat sebelumnya. Selanjutnya akan dibahas pula rangkaian ini pada penguat akhir.

a. Rangkaian Penyesuai Masukan.

Transistor TR1 disusun dalam rangkaian kolekor bersama (common colector) untuk memisahkan (decoupling) tingkat pengatur nada TR2. Masukan dari rangkaian ini mempunyai tahanan masukan yang cukup tinggi dan tahanan/impedansi keluaran cukup rendah sehingga jaringan pengatur nada tidak membebani penguat tingkat sebelumnya. Secara lebih lanjut rangkaian dengan bootstrap akan dijelaskan pada Job sheet yang lain.

b. Penguat Pengatur Nada

Penguatan beban kosong V_{UO}

Perhitungan untuk penguatan beban kosong (open loop gain / V_{UO})dimana penguat TR2 diperhitungkan saat hanya terpasang umpan balik negatif dalam (jaringan B).

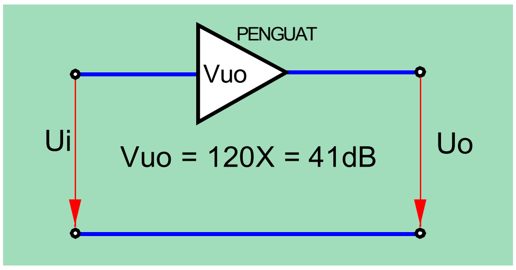
Untuk transistor TR2 dan lembar data dengan $I_C \approx 260\ \mu A$ diperoleh :

$h_{11e} = h_{ie} \approx 25k\Omega$

$\beta \approx 200$

$$V_{UO} = \frac{\beta x R_{11}}{h_{ie}} \approx \frac{200x15k\Omega}{25k\Omega} \approx 120 = 41dB$$

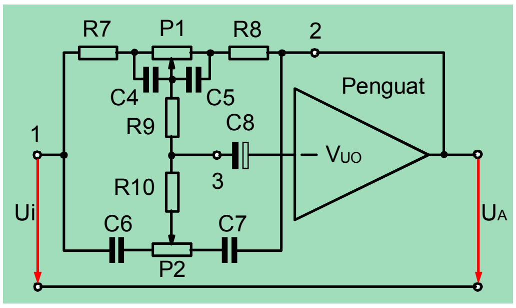
Maka penguat dengan umpan balik negatif “dalam” dapat disederhanakan seperti gambar 1.17.



Gambar 1.17 Penguat beban terbuka untuk penguat pengatur nada

Penguat dengan jaringan umpan balik luar.

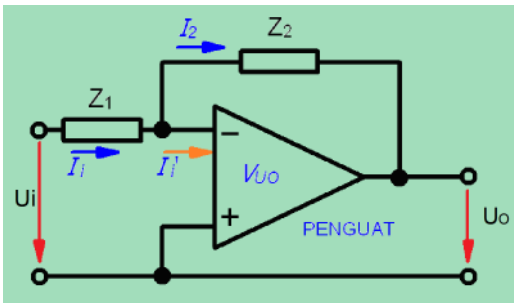
Gambar 1.18 dapat disederhanakan seperti berikut (bagian pengatur nada):



Gambar 1.18. Penyederhanaan penguat pengatur nada.

Dari gambar 1.18 terlihat bahwa jaringan pengatur nada berada dalam untaian umpan balik negatif, dari keluaran penguat dikembalikan ke masukan (-) melalui jaringan pengatur nada.

Kemudian disederhanakan lagi menjadi :



Gambar 1.19. Penguat dengan umpan balik Z2 dan Z1

Penguatan dengan umpan balik luar dari rangkaian gambar 1.19

$$V_U = \frac{U_O}{U_i}$$

dan

$I_i - I_i' = I_2$

Karena impedansi masukan penguat sangat besar maka,

$I_i = I_2$ ➔ karena $I_i' \approx 0$

Dengan $I_i = \frac{U_i}{Z1}$ dan $I_i = \frac{-U_A}{Z2}$ ➔ $- I_i = \frac{U_A}{Z2}$

Maka :

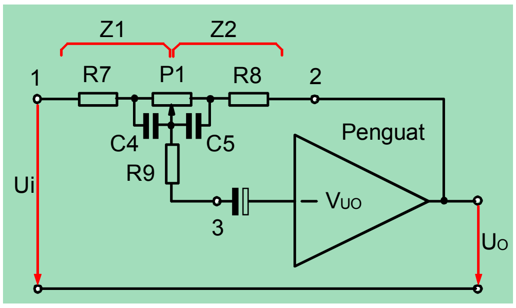
$$\frac{-U_A}{U_i} = \frac{I_2 \times Z2}{I_i \times Z1}$$

$$\frac{-U_A}{U_i} = V_U = \frac{Z2}{Z1}$$

Umpan balik negatif bekerja dengan Z1 dan Z2, dari rumus diatas, penguatan dengan umpan balik negatif ditentukan oleh umpan balik Z1 dan

Proses pengaturan nada

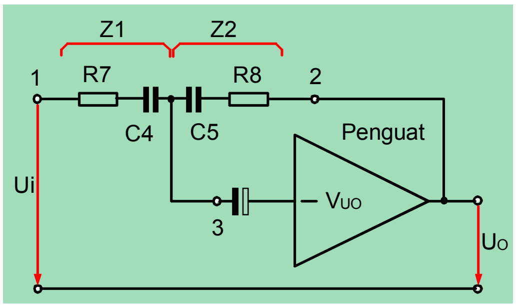
a. Pengaturan nada rendah



Gambar 1.20. Pengatur nada pada jaringan pengatur nada rendah

Penguatan dan pelemahan nada rendah (frekuensi rendah) dilakukan dengan menggeser potensiometer P1. Pada frekuensi tengah ke atas (1 kHz ke atas) kapasitor C4 dan C5 mempunyai tahanan arus bolak-balik yang kecil dibanding tahanan P1. Kapasitor C4 dan C5 akan menghubung singkat P1.

Maka rangkaian penggantinya seperti benkut :

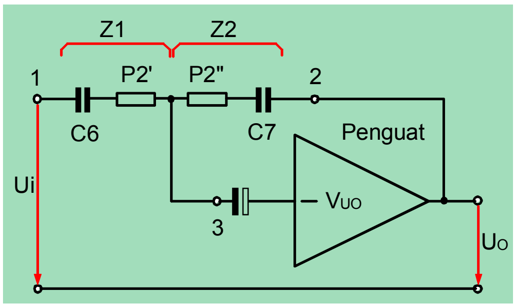


Impedansi Z1 = Z2 maka $V_U = 1 = 0$ dB untuk frekuensi tengah ke atas dan tidak terpengaruh oleh kedudukan potensiometer P1. Untuk frekuensi rendah penguatan tegangan akan tergantung dari

Gambar 1.21. Pengatur nada pada jaringan pengatur nada rendah (saat sinyal berfrekuensi tinggi)

pengaturan P1.

b. Pengaturan nada tinggi.



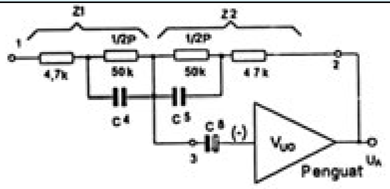
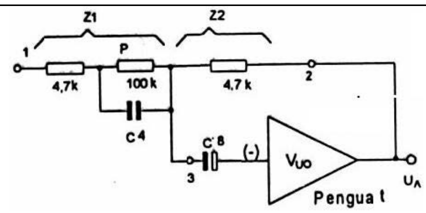
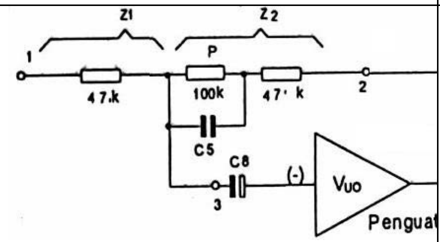
Gambar 1.22. Pengatur nada pada jaringan pengatur nada tinggi

Kapasistor C3 dan C4 mempunyai tahanan AC yang besar untuk frekuensi tengah ke bawah. Sehingga pengaturan nada tinggi tidak mempengaruhi tanggapan frekuensi pada daerah tengah ke bawah. Dengan naiknya frekuensi menjadi lebih besar dari 1kHz maka C6 dan C7 menjadi bertahanan rendah. Pada kondisi ini penguatan tegangan terpengaruh oleh kedudukan pengaturan P2. Kondisi yang dibahas dengan tidak menyertakan R9 dan R10, bila tahanan-tahanan ini diperhitungkan maka tentu penguatan tegangan akan menjadi lain. Dan hal ini akan sangat kompleks sekali.

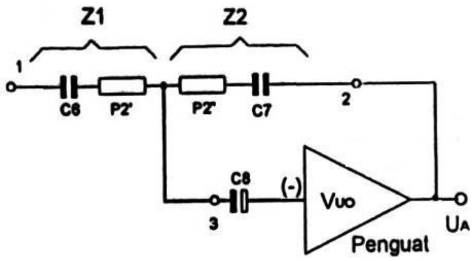
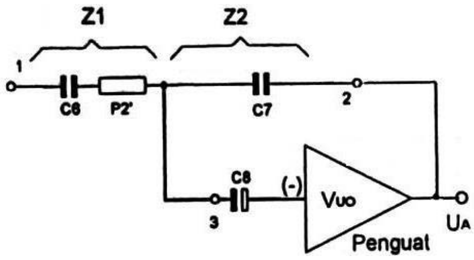
Pada uraian terlihat bahwa Jaringan pengatur nada tinggi hampir tidak punya pengaruh pada pengaturan nada rendah, karena pada frekuensi rendah C6 dan C7 mempunyai tahanan buta (Xc) yang sangat besar sehingga jaringan nada rendah dapat diabaikan.

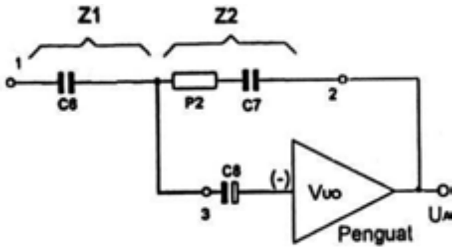


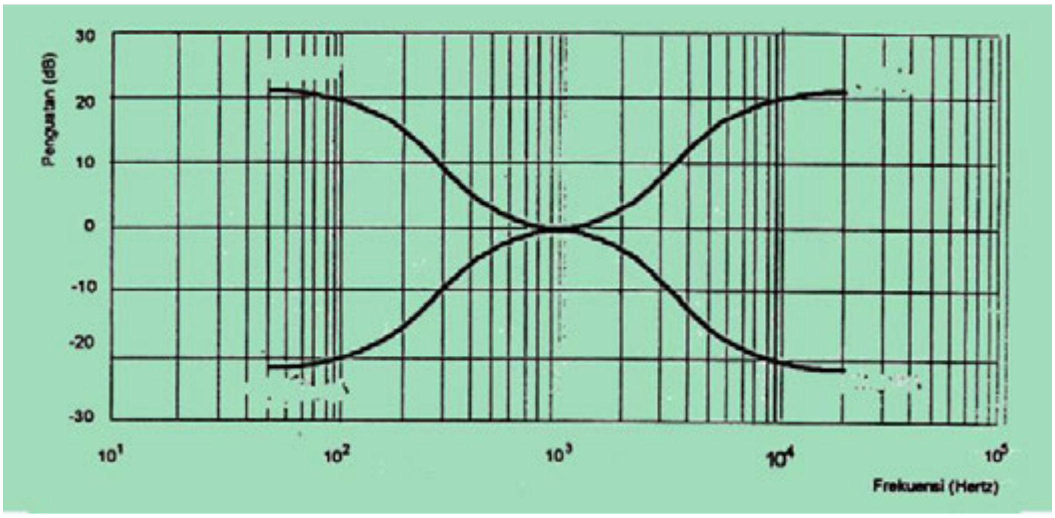
Rangkuman cara kerja penguat pengatur nada

TABEL I			
Posisi Pot-m	Skema Pengganti	Perhitungan penguatan	
Tengah-tengah		Z1 = Z2 VU=1≈ 0 dB	Penguatan tidak tergantung frekuensi
Kanan (secara skema)		.f = 50Hz Z1 ≈ 56kΩ Z2 ≈ 4,7kΩ $V_U = \frac{4{,}7k\Omega}{56k\Omega} = 0{,}084x$ ≈ - 21,5dB	Sinyal berfrekuensi 50Hz **diredam** sebesar 21,5dB
		.f = 20kHz Z1 ≈ (4,7k+(169//100k)=4,9k Ω Z2 ≈ 4,7kΩ $V_U = \frac{4{,}7k\Omega}{4{,}9k\Omega} = 0{,}96x$ ≈ - 0,35dB	Sinyal berfrekuensi 20kHz **dilalukan** sebesar - 0,35dB
Kiri (secara skema)		.f = 50Hz Z1 ≈ 56kΩ Z2 ≈ 4,7kΩ $V_U = \frac{56k\Omega}{4{,}7k\Omega} = 11{,}9x$ ≈ 21,5dB	Sinya berfrekuensi 50Hz **dikuatkan** sebesar 21,5dB

		.f = 20kHz Z2 ≈ (4,7k+(169//100k)=4,9k Ω Z1 ≈ 4,7kΩ $V_U = \frac{4,9k\Omega}{4,7k\Omega} = 1,04x$ ≈ 0,34dB	Sinyal berfrekuensi 20kHz **dilalukan** sebesar 0,34dB

TABEL II			
Posisi Pot-m	Skema Pengganti	Perhitungan penguatan	
Tengah-tengah		Z1 = Z2 VU=1≈ 0 dB	Penguatan tidak tergantung frekuensi
Kanan (secara skema)		.f = 20kHz Z1 ≈ 103,6kΩ Z2 ≈ 3,6kΩ $V_U = \frac{3,6k\Omega}{103,6k\Omega} = 0,035x$ ≈ - 28,8dB	Sinyal berfrekuensi 20kHz **diredam** sebesar 28,8dB
		.f = 50Hz Z1 ≈ 1,54MΩ Z2 ≈ 1,45MΩ $V_U = \frac{1,45M\Omega}{1,54M\Omega} = 0,94x$ ≈ - 0,5dB	Sinyal berfrekuensi 20kHz **dilalukan** sebesar - 0,5dB

Kiri (secara skema)		.f = 20kHz Z1 ≈ 3,6kΩ Z2 ≈ 103,6kΩ $V_U = \frac{103,6k\Omega}{3,6k\Omega} = 28,7x$ ≈ 29dB	Sinya berfrekuensi 50Hz **dikuatkan** sebesar 29dB
		.f = 50Hz Z2 ≈ 1,54MΩ Z1 ≈ 1,45MΩ $V_U = \frac{1,54M\Omega}{1,45M\Omega} = 1,06x$ ≈ 0,5dB	Sinyal berfrekuensi 20kHz **dilalukan** sebesar 0,34dB



Gambar 1.23. Tanggapan frekuensi pengatur nada

Dengan pegaturan potensiometer, maka perbandingan Z1 dan Z2 dari jaringan pengatur nada dapat diubah-ubah sesuai kedudukan potensiometer. Dengan demikian penguatan dari penguat pengatur nada berubah. Karena pengaturan nada dengan jalan mengatur penguatan penguat, maka pengatur nada ini dinamakan pengatur nada aktif. Jaringan pengatur nada berada dalam jaringan umpan balik dan jaringan pengatur nada ini mengatur penguatan.

TUGAS 3

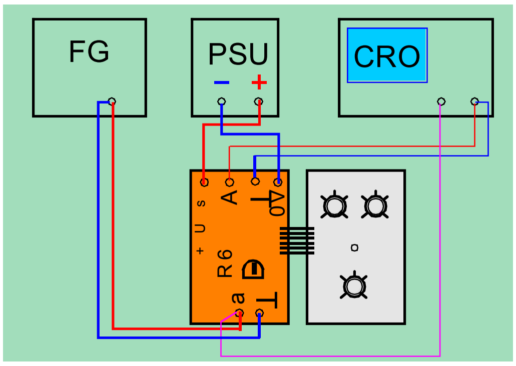
Siapkan peralatan yang diperlukan

Alat : Osiloskop 2 kanal

FG

DC Power Supply

Penguat Pengatur Nada.

Gambar kerja	Tindakan
	1. Rangkailah penguat pengatur nada dan peralatan seperti gambar disamping 2. Atur R6 dan Potensiometer volume sehingga menyebabkan level maksimum. Potensiometer Bass dan Treble tengah-tengah. 3. Atur tegangan catu 9V 4. Atur tegangan keluaran FG 200mV betuk gelombang sinus, frekuensi 1kHz. 5. Lakukan pengukuran dengan ketentuan seperti pada Table percobaan



Tabel I Pengaturan nada rendah. Pengukuran penguatan dengan umpan balik "luar" jaringan nada rendah.

Ui=200mVpp posisi P2 pada tengah-tengah

f Hz	Posisi P1 (B)	Uo mVpp	$\frac{Uo}{Ui}$	Vu dB
20	tengah			
	kiri penuh			
	kanan penuh			
1k	tengah			
	kiri penuh			
	kanan penuh			
20k	tengah			
	kiri penuh			
	kanan penuh			

Tabel II Pengaturan nada tinggi. Pengukuran penguatan dengan umpan balik negatif "luar" jaringan nada tinggi.

Ui = 200 mVpp

P tidak terpasang.

f Hz	Posisi P2 (T)	Uo mVpp	$\frac{Uo}{Ui}$	Vu dB
20	tengah			
	kiri penuh			
	kanan penuh			
1k	tengah			
	kiri penuh			
	kanan penuh			
20k	tengah			
	kiri penuh			
	kanan penuh			



2.Rangkaian Pencampur (Mixer) Audio.

KOMPETENSI INTI (KI-3)	KOMPETENSI INTI (KI-4)
Kompetensi Dasar (KD): **2. Merencana rangkaian pencampur (mixer) audio**	**Kompetensi Dasar (KD):** **2. Mengukur rangkaian pencampur (mixer) audio**
Indikator: 2.1. Memahami arsitektur rangkaian pencampur(mixer) penguat audio 2.2. Merencana rangkaian pencampur (mixer) penguat audio. 2.3. Mendimensikan komponen DC (statis) dan komponen AC (dinamis) rangkain pencampur (mixer) penguat audio 2.4. Mendimensikan tanggapan frekuensi rangkaian pencampur (mixer) penguat audio 2.5. Mendeskripsikan faktor cacat dan cakap silang (cross talk) rangkaian pencampur (mixer) pada penguat audio sistem stereo. 2.6. Mengerti kegunaan dan penerapan spesifikasi data teknis penguat pengatur nada pada sistem audio	**Indikator:** 2.1. Menggambar skema rangkaian pencampur audio (audio mixer) beserta daftar komponen dan nama komponen. 2.2. Mendesain, merakit papan rangkaian tercetak (PRT) rangkaian pencampur audio (audio mixer) menggunakan perangkat lunak. 2.3. Melakukan pengukuran titik kerja DC (statis) dan AC (dinamis) rangkaian pencampur audio (audio mixer) menggunakan perangkat lunak dan interprestasi data hasil pengukuran 2.4. Melakukan pengukuran tanggapan frekuensi rangkaian pencampur audio (audio mixer) menggunakan perangkat lunak dan interprestasi data hasil pengukuran 2.5. Melakukan pengukuran faktor cacat dan cakap silang (cross talk) rangkaian pencampur audio (audio mixer) sistem stereo 2.6. Menyajikan spesifikasi data teknis rangkaian pencampur audio (audio mixer)



2.1. Arsitektur rangkaian pencampur (mixer) penguat audio.

Mencampur bermacam sumber sinyal memberikan efek yang indah dan menyenangkan. Secara prinsip mencampur dua atau lebih sumber sinyal sederhananya menhubungkan sumber-sumber sinyal tadi seca



3.Rangkaian Penguat Daya Audio(Power Amplifier)

KOMPETENSI INTI (KI-3)	KOMPETENSI INTI (KI-4)
Kompetensi Dasar (KD): **3. Merencana rangkaian penguat daya audio (power amplifier)**	**Kompetensi Dasar (KD):** **3. Mengukur rangkaian penguat daya, VU-meter & protektor**
Indikator: 3.1. Memahami arsitektur, klasifikasi penguat daya audio. 3.2. Merencana rangkaian penguat daya audio (power amplifier). 3.3. Mendimensikan komponen DC (statis) dan komponen AC (dinamis) rangkain penguatdaya audio 3.4. Mendimensikan tanggapan frekuensi rangkaian penguat daya audio 3.5. Mendeskripsikan faktor cacat dan cakap silang (cross talk) rangkaian penguat daya audio sistem stereo 3.6. Mengerti kegunaan dan penerapan spesifikasi data teknis penguat pengatur nada pada sistem audio 3.7. Mendimensikan rangkaian proteksi arus lebih penguat daya.	**Indikator:** 3.1. Menggambar skema rangkaian penguat daya audio (audio power amplifier), VU-meter, rangkaian sistem proteksi beserta daftar komponen dan nama komponen. 3.2. Mendesain, merakit papan rangkaian tercetak (PRT) penguat daya audio (audio power amplifier), VU-meter, rangkaian sistem proteksi menggunakan perangkat lunak. 3.3. Melakukan pengukuran titik kerja DC (statis) dan AC (dinamis) rangkaian penguat daya audio (audio power amplifier), VU-meter, rangkaian sistem proteksi menggunakan perangkat lunak dan interprestasi data hasil pengukuran 3.4. Melakukan pengukuran tanggapan frekuensi rangkaian penguat daya audio (audio power amplifier), VU-meter, rangkaian sistem proteksi menggunakan perangkat lunak dan interprestasi data hasil pengukuran 3.5. Melakukan pengukuran faktor cacat dan cakap silang (cross talk) rangkain penguat daya audio (audio power amplifier), VU-meter, rangkaian sistem proteksi sistem stereo 3.6. Menyajikan spesifikasi data teknis rangkaian penguat daya



	audio (audio power amplifier), VU-meter, rangkaian sistem proteksi sistem audio 3.7. Menguji rangkaian proteksi arus lebih penguat daya

3. Penguat akhir

Penguat akhir bertugas menguatkan sinyal sejauh mungkin dengan daya guna yang sesuai. Kepentingan utama sebuah penguat akhir, yang juga disebut penguat daya, terletak pada pembangkitan daya bolak-balik untuk loudspeaker.Transistor harus dikendalikan maksimal jika dia seharusnya memberikan daya yang besar, karena tidak liniernya kurva transistor timbul cacat.

Selain masalah efesiensi penguat daya, maksudnya perbandingan dari daya bolak-balik yang diberikan dan daya arus searah yang diambil sebesar mungkin, karena biaya operasi dan pendinginan transistor yang besar.

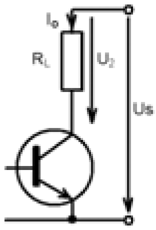
3.1. Dasar Penguat Akhir

3.1.1. Penguat tunggal

Penguat dengan transistor tunggal bekerja selalu dalam .kelas A. Dalam gambar dibawah ini terlihat bahwa titik kerja penguat kelas A berada kira-kira ditengah daerah pengendalian.

Kedua sinyal setengah gelombang dikuatkan oleh sebuah transistor.Penguat kelas A mempunyai kekurangan bahwa catu dayanya besar. Pada saat tanpa pengendalian pada masukan telah mengalir pula arus kolektor yang relatif besar. Dengan demikian daya guna dari penguat ini kecil, sehingga hanya digunakan untuk daya keluaran yang kecil.

Daya guna η adalah perbandingan daya arus bolak-balik yang diberikan pada pemakai P_2 dengan daya arus searah dari sumber daya Ps yang diambil, yang juga tergantungan pada rangkaian:



Gambar 3.1. Penguat akhir klas A

Ps = Us . Io (untuk catu daya)

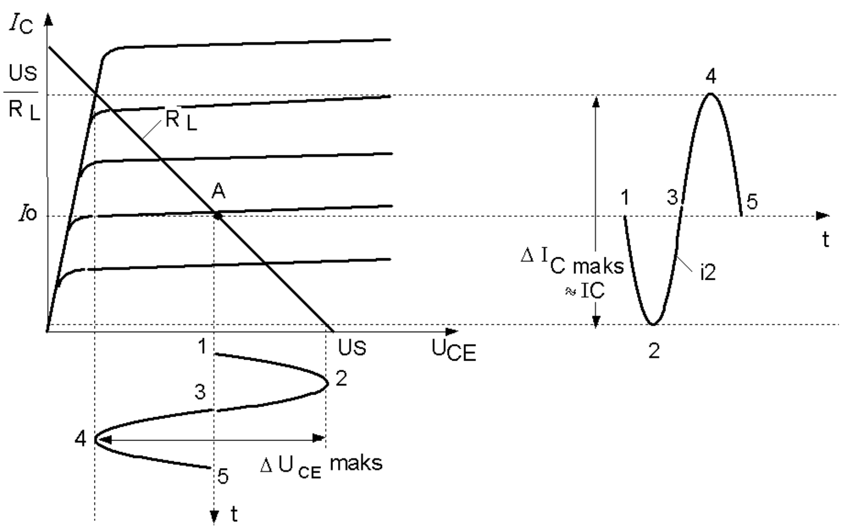
$P_2 = U_{2\ eff} . I_{2\ eff}$

$$U_{2eff} = \frac{\Delta U_{CE}\max}{2.\sqrt{2}} \cong \frac{Us}{2\sqrt{2}}$$

$$U_{2eff} = \frac{I_C \max}{2.\sqrt{2}} \cong \frac{Io}{\sqrt{2}}$$

$$P2 = \frac{Us}{2.\sqrt{2}} . \frac{Io}{2} = \frac{Us.Io}{4}$$

$$\eta\%) = \frac{P_2}{P_S}.100\% = \frac{\frac{Us.Io}{4}}{Us.Io}.100\% = \frac{Us.Io}{4.Vs.Io}.100\% = 25\%$$





Gambar 3.2. Garis beban penguat kelas A

3.1.2. Penguat push pull

Penguat push pull dibangun dengan dua transistor yang masing-masing bekerja dalam kelas B. Titik kerja kelas B terletak pada batas arus sisa. Sehingga satu transistor hanya menguatkan setengah tegangan sinyal.Tanpa pengendalian hanya mengalir arus kolektor yang kecil yang dapat diabaikan.

Daya hilang saat diam dengan demikian kecil sehingga daya gunanya sangat besar. Keburukan penguat kelas B adalah untuk menghasilkan tegangan bolak-balik penuh diperlukan dua transistor cacat saat melewati titik nol, yang dinamakan cross over atau cacat B. Cacat ini disebabkan oleh tegangan jenuh basis-emiter. Daya guna penguat push pull kelas B lebih besar dari penguat yang bekerja dikelas A. untuk rangkaian Gambar 26:

$$Ps = Us \cdot Ic = Us.\frac{2}{\pi}Ic\ maks$$

$$P_2 = U_{2\ eff}.I_{2\ eff}$$

$$= \frac{\Delta U_{CE}\max}{\sqrt{2}}.\frac{\Delta U_C\max}{\sqrt{2}} = \frac{Us}{\sqrt{2}}.\frac{I_C\max}{\sqrt{2}} = \frac{Us.I_C\max}{\sqrt{2}}$$

$$\eta\ \%) = \frac{P_2}{P_S}.100\% = \frac{\frac{Us.I_C\max}{2}}{Us.\frac{2}{\pi}.I_C\max}.100\%$$

$$= \frac{Us.I_C\max}{2.Us.2.I_C\max}.100\% = \frac{\pi}{4}.100\% = 78\%$$

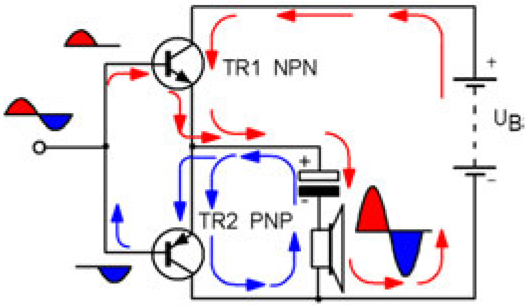
Jadi daya guna penguat push pull tiga kali dari penguat tunggal kelas A.

Penguat push pull dibagi dalam dua jenis penguat komplementer dan penguat komplementer quasi.

Jenis ini berbeda dalam pasangan kedua transistornya.

3.1.3. Penguat komplementer

Penguat komplementer ini penguat push pull yang menggunakan dua transistor akhir yang berpasangan komplementer NPN dan PNP.



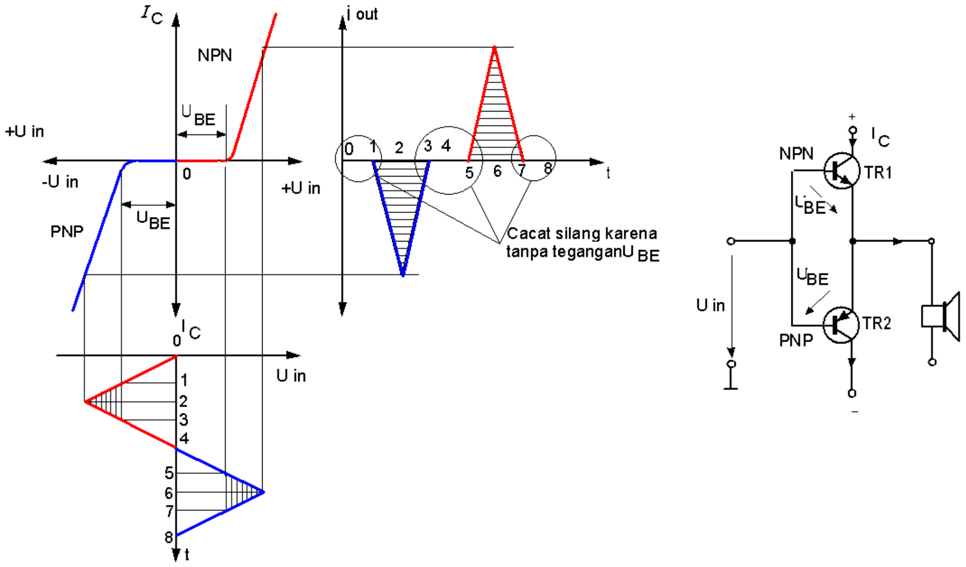
Gambar 3.3. Rangkaian dasar penguat komplemen

Transistor NPN akan hidup jika mendapat tegangan bias basis positip dan transistor PNP akan hidup jika mendapat tegangan bias basis negatip. Pada saat sinyal setengah gelombang positif transistor akan hidup dan transistor.TR2 akan mati. Maka akan terjadi aliran arus dari baterai (+) melalui transistor TR1, kapasitor C lalu loudspeaker dan kembali ke baterai (-).

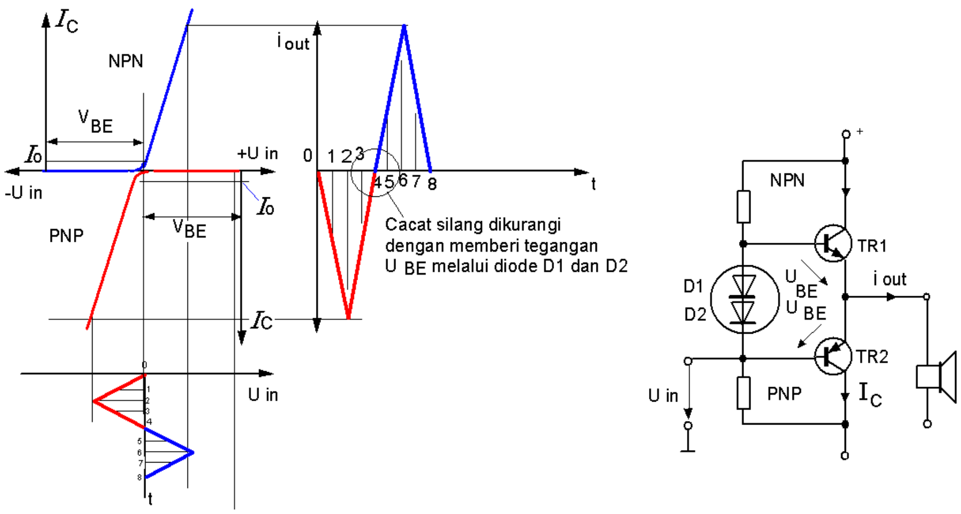
Arus ini sekaligus mengisi kapasitor C sesuai dengan polaritasnya. Pada sinyal setengah gelombang negatif transistor TR1akan mati dan transistor TR2 akan hidup. Aliran arus dari kapasitor C (+) melalui TR2 ke loudspeaker dan kembali ke kapasitor C (-). Pada saat sinyal setengah gelombang negatip kapasitor C sebagai catu daya transistor TR2.

3.1.4. Cacat silang

Untuk dapat hidup transistor-transistor memerlukan tegangan bias. jika kedua transistor tidak diberi tegangan bias basis. Maka karakteristiknya seperti Gambar 28 yang kita peroleh yaitu adanya cacat silang. Dengan melalui pemilihan tegangan bias basis emiter kita mengatur arus diam yang kecil. Sehingga cacat yang berasal dari daerah lengkung kurva dapat dihindari.



Gambar 3.4. Kerja penguat push pull tanpa tegangan bias pada TR_1- TR_2

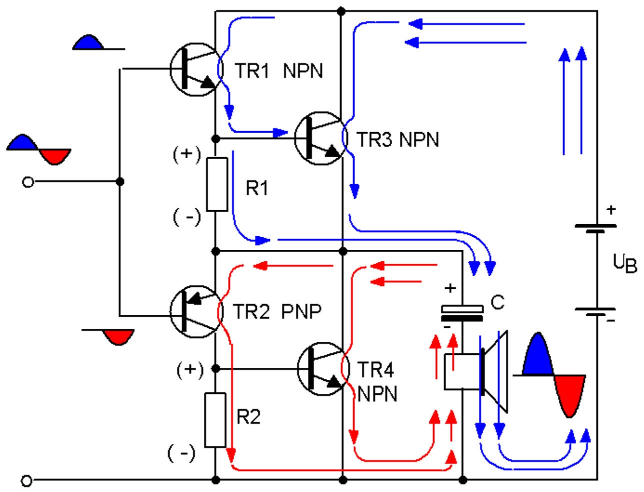


Gambar 3.5.Kerja penguat push pull dengan tegangan bias pada TR_1- TR_2

3.1.5. Penguat komplementer quasi

Penguat komplementer (complement) daya keluarannya lebih besar, kita dapat mengendalikan dua transistor akhir. Kedua transistor akhir ini bertipe sama (NPN dan NPN).

Tingkat akhir seperti ini yang dengan daya keluaran besar sudah tentu memerlukan tingkat penggerak dan tingkat depan yang dapat menyediakan arus basis untuk transistor akhir yang besar.



Gambar 3.6. Penguat akhir komplementer quasi

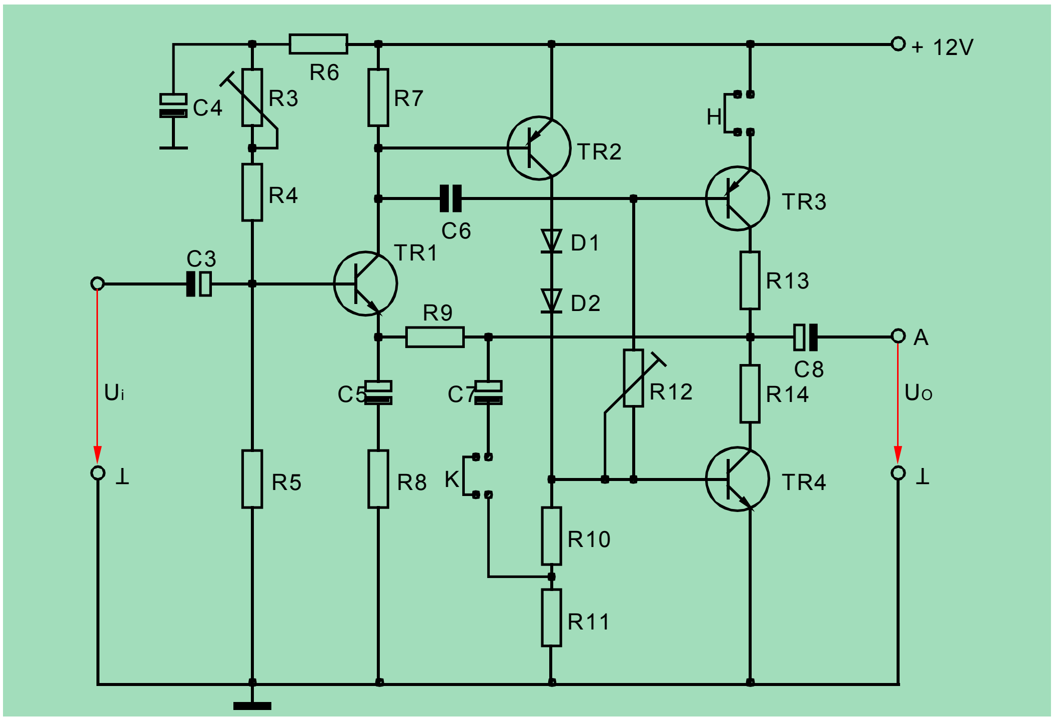
Rangkaian dasar penguat komplementer quasi diperlihatkan gambar diatas. Komponen-komponen transistor TR1dan TR2, kapasitor C dan loudspeaker dirangkai seperti penguat push pull komplemen. Masing-masing transistor komplemen mengendalikan satu transistor daya.

Pada sinyal setengah gelombang posistip transistor TR1hidup dan melalui tegangan jatuh pada R1 transistor TR3 akan hidup. Kedua transistor mengalirkan arus yang besar melalui loudspeaker dan mengisi kapasitor C.

Pada sinyal setengah gelombang negatip transistor TR2 hidup melalui tegangan jatuh pada R2 transistor TR4 hidup. Arus mengalir dari kapasitor C melalui kedua transistor dan loudspeaker. Dengan demikian kapasitor C mengalami pengosongan. Harga R1 dan R2 harus sama, dengan demikian kedua transistor daya dikendalikan dalam bentuk yang sama.

3.2. Rangkaian Penguat Daya

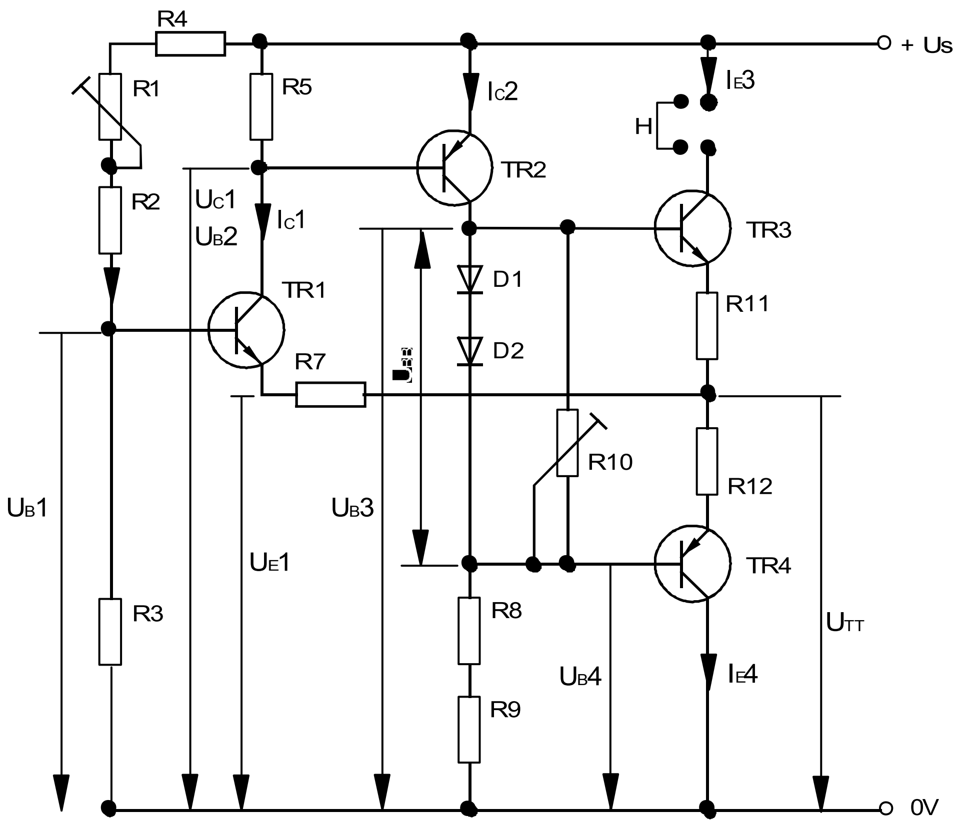
Gambar 3.7 merupakan sebuah penguat daya yang akan dibahas dalam buku ini. Penguat dengan tingkat akhir push pull komplementer.



Gambar 3.7 Rangkaian penguat daya

3.2.1 Skema rangkaian arus searah.

Gambar di atas menampilkan skema rangkaian arus searah dimana kapasitor-kapasitor secara DC mempunyai tahanan yang tak terhingga maka tidak digambar. Dalam rangkaian DC kapasitpr tidak berpengaruh



Gambar 3.8. Rangkaian DC penguat daya

3.2.2.Titik kerja

Tugas rangkaian arus searah seperti pada penguat yang lain adalah :

a. Menetapkan titik kerja.

b. Menstabilkan titik kerja.

Titik kerja dapat berubah oleh perubahan temperatur, baik temperatur ruangan maupun dari daya rugi transistor. Hal-hal yang berubah adalah :

⇒ Arus basis (U_{CE} konstan).

⇒ Tegangan basis-emitor (I_B konstan).

⇒ Penguatan arus.

⇒ Arus halang I_{CB}.

Perubahan-perubahan rinci telah dibahas pada penguat depan.

3.2.3.Upaya penstabilan titik kerja pada rangkaian penguat daya.

Penstabilan arus diam.

Arus diam adalah arus kolektor transistor tingkat akhir yang diukur pada saat tanpa sinyal. Upaya yang dilakukan dalam rangkaian ini adalah dengan dioda D1 dan D2. Dimana kedua dioda ini dalam paletakannya sesungguhnya harus dekat atau dimungkinkan dilekatkan pada pendingin transistor akhir. Tegangan basis-basis TR3 dan TR4 diperoleh dari dioda D1 seri D2 (atau dapat diganti dengan sebuah zener 1,5 Volt), dan ketepatannya diatur oleh trimpot R10.Bila temperatur sekeliling dioda D1 dan D2 naik maka tegangan dioda akan mengecil dengan demikian tegangan bias untuk TR3 dan TR4 akan turun pula ,hal ini akan menurunkan arus kolektor TR3 dan TR4.Selanjudnya diterangkan sebagai berikut:

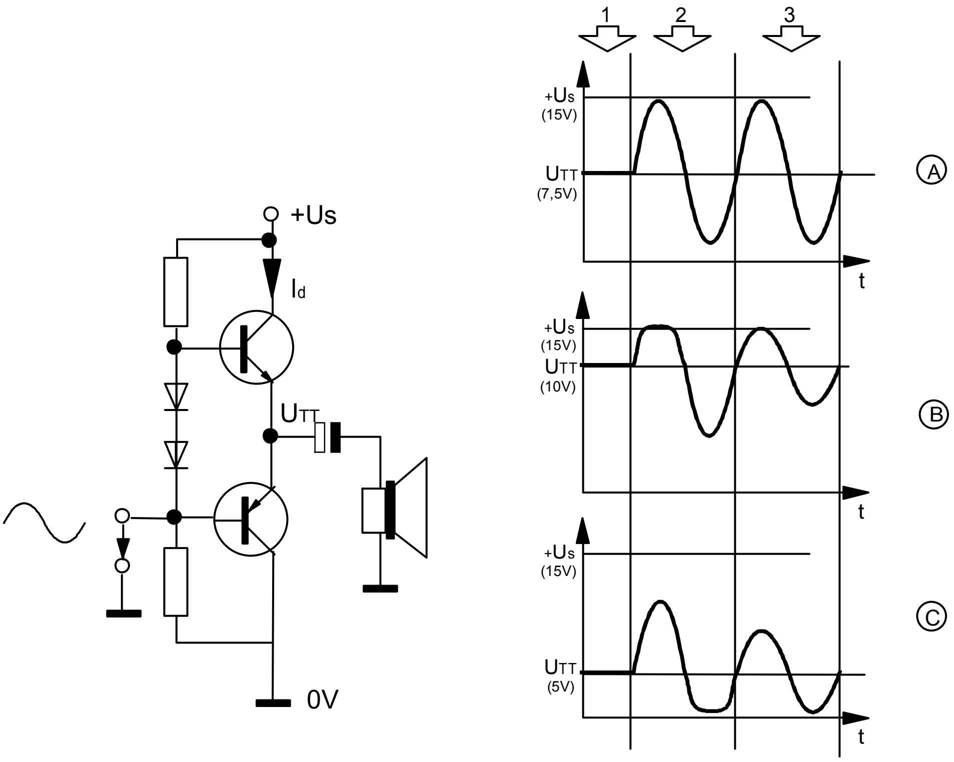
Bila temperatur $\Uparrow$ $\underline{I_C3\ ,\ I_C4}$ $\Uparrow$, $U_{D1\text{-}2}$ $\Downarrow$ maka U_{BB} $\Downarrow$ I_B3, I_B4 $\Downarrow$ sehingga $\underline{I_C3,\ I_C4}$ $\Downarrow$

Bila temperatur $\Downarrow$ $\underline{I_C3\ ,\ I_C4}$ $\Downarrow$, $U_{D1\text{-}2}$ $\Uparrow$ maka U_{BB} $\Uparrow$ I_B3, I_B4 $\Uparrow$ sehingga $\underline{I_C3,\ I_C4}$ $\Uparrow$

Maka besar arus kolektor akan tetap tidak terpengaruh oleh temperatur, berarti titik kerja stabil.

Penstabilan tegangan tengah

Tegangan titik tengah (U_{TT}) berharga setengah U_S untuk memebangkitkan sinyal keluaran secara simetris dan tegangan sinyal yang maksimum. Pada kenaikan temperatur sekeliling dimungkinkan terjadinya arus kolektor/emitor TR3 dan TR4 naik tidak sama. Tegangan titik tengah ini harus selalu tetap, untuk menjaga tegangan sinyal tetap simetris.



Gambar 3.9. Tegangan titik tengah

Pada gambar di atas diperlihatkan tiga kenjadian dimana U_{TT} tidak sama besar, pertama U_{TT} tepat setengah tegangan catu (gambar A) kedua lebih tinggi dari setengah tegangan catu (gambar B) dan ketiga lebih rendah dari setengah tegangan catu (gambar C).Pada gambar B dan C salah satu sisi sinyal terpotong bila penguat memperoleh tegangan masukan yang sama seperti gambar A,atau tengan sinyal akan lebil kecil bila diinginkan tegangan keluaran yang tidak cacat.

Proses penstabilan dapat dijelaskan sebagai berikut.

Bila $\underline{U_{TT}\Uparrow}$, $U_E1 \Uparrow$, $U_{BE}1 \Downarrow$, $I_B1 \Downarrow$, $I_C1 \Downarrow$, $U_B2 \Uparrow$ $U_{BE}2 \Downarrow$, $I_B2 \Downarrow$, $I_C2 \Downarrow$ $U_C2 \Downarrow$ maka U_B3, $U_B4 \Downarrow$ $I_C3 \Uparrow$ $I_C4 \Downarrow$ maka $U_E3 \Downarrow$ dan $U_E4 \Downarrow$ $\underline{U_{TT}\Downarrow}$

Bila $\underline{U_{TT}\Downarrow}$, $U_E1 \Downarrow$, $U_{BE}1 \Uparrow$, $I_B1 \Uparrow$, $I_C1 \Uparrow$, $U_B2 \Downarrow$ $U_{BE}2 \Uparrow$, $I_B2 \Uparrow$, $I_C2 \Uparrow$ $U_C2 \Uparrow$ maka U_B3, $U_B4 \Uparrow$ $I_C3 \Downarrow$ $I_C4 \Uparrow$ maka $U_E3 \Uparrow$ dan $U_E4 \Uparrow$ $\underline{U_{TT}\Uparrow}$



⇒ Sehingga tegangan emitor TR3 dan TR4 selalu konstan sebesar setengah tegangan catu.

3.2.4. Perhitungan tegangan DC dan arus DC

Berikut adalah perhitungan tegangan dan arus DC, hasil dari hitungan ini adalah merupakan pernyataan kemampuan fungsi sebuah rangkaian.

Permisalan :

⇒ Semua harga komponen sesuai dengan gambar skema.

⇒ Rangkaian berfungsi dengan benar.

⇒ Data transistor : lihat lembar data.

⇒ Penyederhanaan $I_C = I_E$. (sebenarnya hal ini hanya berlaku untuk transistor dengan β yang besar)

a. U_{TT}: Agar diperoleh pengendalian yang simetris, kira-kira harus setengah tegangan catu $U_{TT} = \frac{U_S}{2} = \frac{15V}{2} = 7{,}5V$

b. $U_B3 = U_E3 + U_{BE}3$ = 7,5V + 0,6V = 8,1V ⇒ tegangan jatuh di R11 diabaikan

c. $U_B4 = U_E4 - 0{,}6V$ = 7,5V - 0,6V = 6,9V ⇒ tegangan jatuh di R12 diabaikan

d. $U_D1 = U_D2 = 0{,}6V$

e. $U_D1{,}2 = U_D1 + U_D2$ = 0,6V + 0,6V = 1,2V

f. $U_B2 = U_S - U_{BE}2$ = 15V - 0,6V = 14,4V

g. $U_B1 = \frac{R3}{R1 + R2 + R3 + R4} X Us = 8{,}58\ V$

$$U_B1 = \frac{120\ k}{50k + 56k + 120\ k + 10\ k} X15 = 7{,}62Volt \Rightarrow R1\ maks$$



$$U_B1 = \frac{120\ k}{0k + 56k + 120\ k + 10\ k} X15 = 9{,}67 Volt \Rightarrow R1\ min$$

Pengaturan arus diam

Arus diam adalah arus yang mengalir pada transistor akhir (arus kolektor) saat tanpa sinyal. Besarnya tergantung dari karakteristik transistor bersangkutan dan tegangan basis-basis U_{BB}.

Dimana U_{BB} diatur oleh R9 (trimpot) yang besarnya

$U_{BB} = U_D1 + U_D2 = 0{,}6V + 0{,}6V = 1{,}2$ Volt. (U_{BB} maksimum).

$U_{BB} = 0$ Volt pada posisi R10 minimum (D1 dan D2 dihubung singkat)

Arus diam semakin besar bila U_{BB} semakin besar. Pengaturan arus diam dengan jalan memasukkan sinyal pada masukan dengan f = 1 kHz tegangan nominal, kemudian kita lihat dengan CRO. R9 kita atur seminimum mungkin (dalam skema penggeser R9 ke atas) tetapi cacat silang (croos over distortion) tidak terlihat pada layar CRO. Sinyal kita ambil, kita ukur pemakaian arus saat tanpa sinyal, inilah arus diam itu.



TUGAS 1

e. Buatlah papan rangkaian tercetak PRT/PCB (Printed Circuit Board) untuk penguat dengan gambar rangkaian yang ditampilkan pada gambar 8.7. PRT bisa cara langsung dengan spidol atau dengan cara sablon dengan penggambaran menggunakan perangkat lunak.

f. Setelah PRT selesai solderlah semua komponen yang diperlukan.

g. Berilah tegangan catu sebesar 15Volt dan lakukan pengukuran pada kaki-kaki transistor, lengkapi tabel pengukuran.

No	Titik ukur	Nilai tegangan secara teori	Hasil Pengukuran	Selisih (%)
1	U_{TT}			
2	U_E3			
3	U_B3			
4	U_C3			
5	U_E4			
6	U_B4			
7	U_C4			
8	U_E2			



9	U_B2	
10	U_C2	
11	U_E1	
12	U_B1	
	U_C1	
Semua pengukuran diukur terhadap 0V (massa)		

Kesimpulan : ……………………………………………..………………………………

…………………………………………………………………..………………………..……

…………………………………………………………………….……………………......…

3.3. Rangkaian tegangan bolak-balik

3.3.1. Aliran sinyal AC.

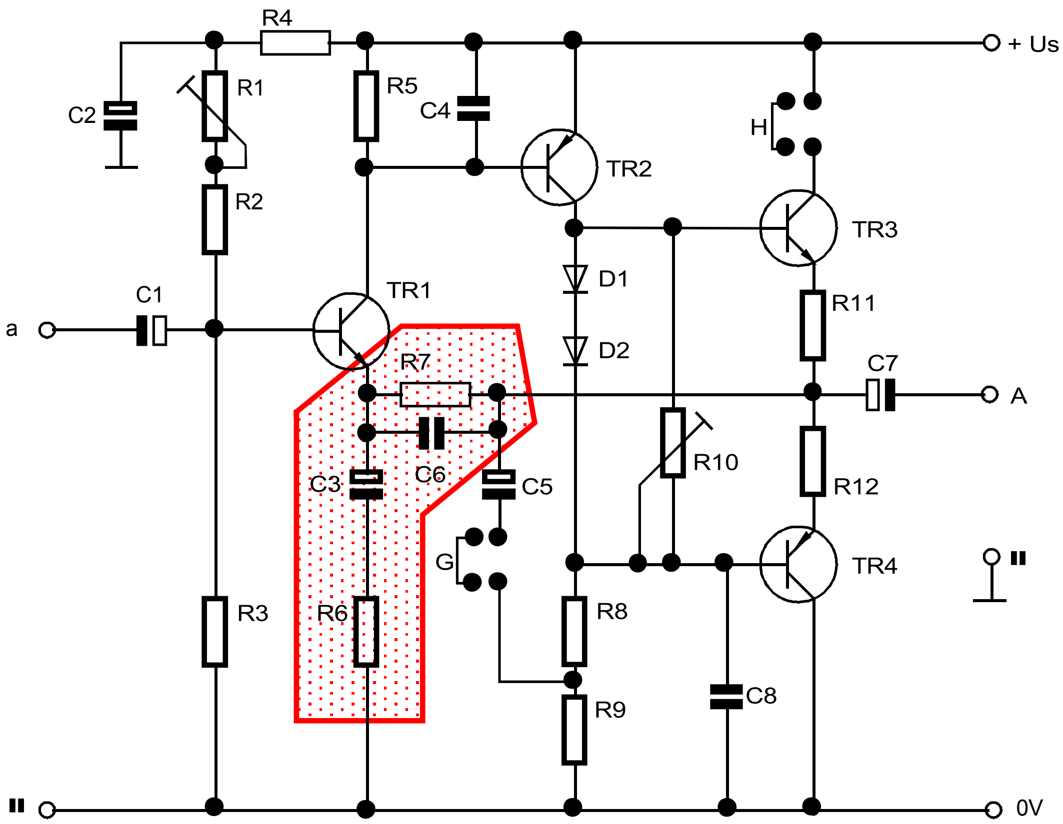
Dasar untuk aliran sinyal AC dapat kita lihat lagi pada bahasan penguat depan. Dimana sumber tegangan DC merupakan hubung singkat bagi sinyal AC (tahanan dalam = 0Ω) sehingga komponen-komponen yang terletak antara plus dan minus catu untuk sinyal AC terletak paralel.

Kita dapat melihat fungsi masing-masing kapasitor dari harga kapasitor tersebut. Untuk yang bernilai besar (orde mikro) bersifat sebagai pemisah atara arus DC dengan AC (decoupling) misal C1,C3,C7. Yang terakhir (C7) juga dipakai sebagai sumber tegangan catu untuk TR4 saat setengah perioda tegangan sinyal dimana TR3 dalam keadaan mati.Untuk kapasitor yang bernilai kecil digunakan

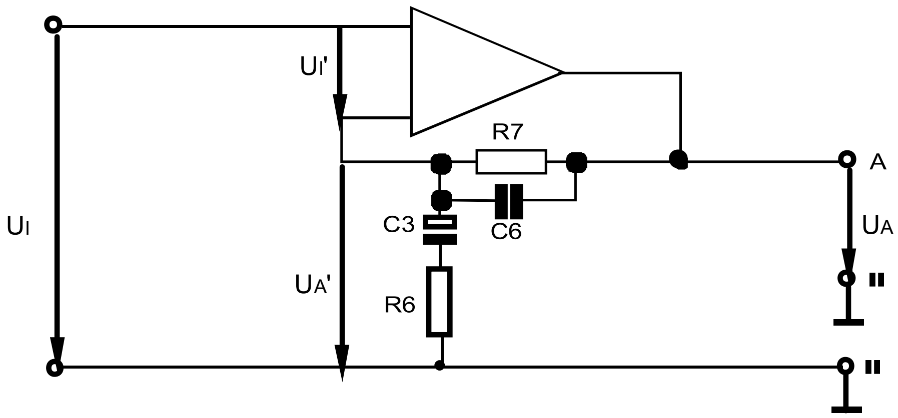


sebagai pemotong frekuensi tinggi seperti C8,C4,C6. Kkapasitor terakhir dengan fungsi sama tetapi dipasang dalam jatringan umpan balik

3.3.2. Jaringan umpan balik negatip pada penguat daya



Gambar 3.10. Komponen umpan balik “luar” pada penguat daya.



Gambar 3.11. Rangkaian penguat daya memperlihatkan komponen umpan balik



Harga C3 dibuat cukup besar sehingga pada daerah frekuensi suara reaksinya lebih kecil dibanding R6. Dari itu Z1 = R6.

Harga C6 dibuat cukup kecil sehingga pada daerah frekuansi suara reaksinya lebih besar dibanding R7. Dari itu Z2 = R7.

Penguatan tegangan AC seluruhnya :

$$U_A = U_i' \times V_{uo} \quad ; \quad U_i' = U_i - \frac{U_A \times R6}{R7 + R6}$$

$$U_A = \left(U_i - \frac{U_A \times R6}{R7 + R6} \right) \times V_{uo} \quad \Rightarrow \times \frac{1}{U_A}$$

$$1 = \left(\frac{Ui}{Ua} - \frac{R6}{R7 + R6} \right) Vuo$$

$$1 + Vuo \frac{R6}{R7 + R6} = \frac{Ui}{Ua} \times Vuo \quad \Rightarrow \times \frac{1}{Vuo}$$

$$\frac{1}{Vuo} + \frac{R6}{R7 + R6} = \frac{Ui}{Ua} \quad \Rightarrow \times \frac{1}{X}$$

$$\frac{1}{1/Vuo + R6 / (R7 + R6)} = \frac{Ua}{Ui} \quad \text{jika} \quad \frac{1}{Vuo} << \frac{R6}{R7 + R6}$$

$$\frac{1}{R6 / (R7 + R6)} = \frac{Ua}{Ui} = \frac{R7 + R6}{R6}$$

$$\boxed{\frac{Ua}{Ui} = \frac{R7}{R6} + 1}$$

dan jika $\frac{R7}{R6} >> 1$ rumus penguatan $\boxed{\frac{Ua}{Ui} = \frac{R7}{R6}}$

Besarnya harga C3 bagi penguatan tegangan AC tidak memiliki peran (C3 ≈ hubung singkat), tetapi C3 mempunyai tugas penting untuk penstabilan titik kerja seluruh rangkaian. Untuk tegangan DC kapasitor C3 seakan terbuka (Xc besar) maka U_O = Ui sehingga penguatannya.

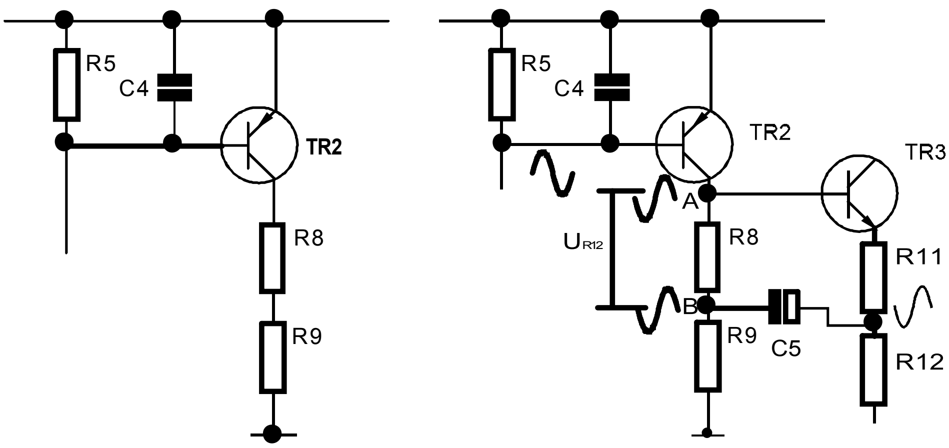
$$\frac{Ua}{Ui} = \frac{R7 + R6 + Xc3}{R6 + Xc3} \qquad R7 << R6 + Xc3$$

$$\frac{Ua}{Ui} = \frac{R6 + Xc3}{R6 + Xc3} = 1$$

Ini juga berarti, bahwa goyangan titik kerja hanya dikuatkan dengan faktor 1.Penguatan pada frekuensi rendah diperkecil oleh rangkaian RC, misalnya C1, R3, R2 dan juga C6, RL. Sedang penguatan pada frekuensi tinggi dibatasi oleh C4. Bila frekuensi semakin tinggi maka reaktansi C4 mengecil dan R6 dihubung singkat oleh C4, dan umpan balik ke emitor TR1 semakin besar penguatan mengecil.Kapasitor C2 untuk menghaluskan tegangan basis TR1 bersama-sama R5 (filter).

3.3.3.Bootstrap

Seperti yang telah pernah dibahas untuk dapat memberlakukan jaringan umpan balik luar sebagai penentu sifat diperlukan penguatan open loop yang besar. Salah satu upaya menaikkan Vuo dengan memasang bootstrap pada transistor TR2.



Gambar 3.12. Cara kerja Bootstrap

Besar penguatan rangkaian transistor TR2 adalah



$$V_{UO} = \frac{\beta \times R_t}{r_{be} + (\beta + 1)\, R_E'}$$ $\Rightarrow$ karena di kaki emitor tidak ada tahanan R_E maka

$$V_{UO} = \frac{\beta \times R_t}{r_{be}}$$ $\Rightarrow$ R_t adalah tahanan total di kaki kolektor

Maka untuk membesarkan lagi V_{UO} adalah dengan jalan membesarkan nilai R_t dengan cara :

Seperti diperlihatkan gambar 8.12 dimana sinyal yang dikuatkan oleh TR3 dikembalikan ke titik B.Sinyal ini mempunyai fasa yang sama dan besar amplitudo yang kira-kira hampir sama (rangkaian kolektor)maka pada titik A dan B mempunyai tegangan yang sama,sehingga pada R8 tidak ada arus yang mengalir.Hanya pada tahanan takterhingga sajalah tidak ada arus yang mengalir.Dengan cara ini diperoleh tahanan yang sangat besar (secara arus bolak-balik / AC)

3.3.4. Daya keluaran

Daya maksimum yang dapat diberikan pada beban dengan sinyal sinus ditentukan oleh tegangan catu dan tahanan loud speaker.Lebar simpangan tegangan keluaran adalah Uo - 2 U_{CE} jenuh dibagi dua, sehingga harga efektifnya :

$$U_O \text{ eff maks} = \frac{Us - 2U_{CE} \text{ jenuh}}{2.\sqrt{2}}$$ misalnya: U_{CE} jenuh = 0,5 Volt

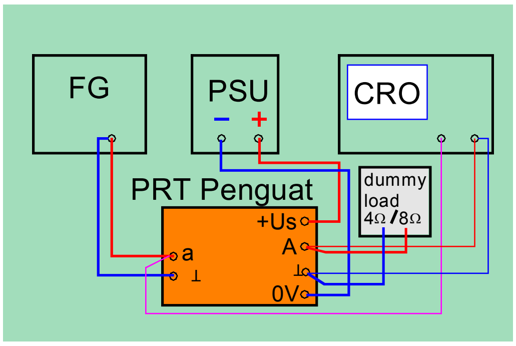
Us = U catu

$$P_O = \text{maks} = \frac{Ua \text{ eff maks}}{R_L} \qquad \frac{(Us - 2U_{CE} \text{ jenuh})^2}{8R_L}$$



$$= \frac{(15V - 2.0{,}5V)^2}{8.4\ W} = \frac{196\ V^2}{32\ W} = 6{,}125W$$

TUGAS 3



Gambar Rangkaian Pengukuran

Rangkailah peralatan seperti dalam gambar pengukuran disamping. Atur FG pada gelombang sinus dan frekuensi 1kHz. Amplitudo FG diatur 5mVpp (di ubah bila bentuk gelombang keluarannya cacat). Atur tegangan catu seperti tabel, naikkan amplitudo FG hingga sinyal keluaran hampir cacat. Lengkapilah tabel pengukuran.

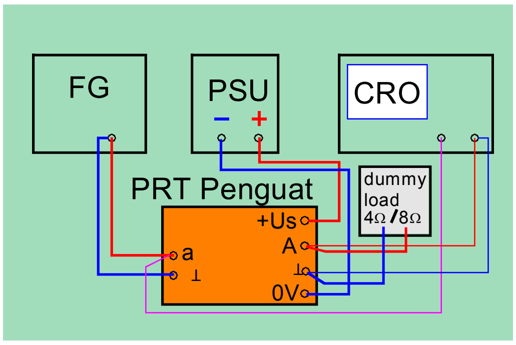
Lengkapi tabel tugas berikut dari hasil perhitungan teori. Masukkan hasil pengukuran yang diperoleh

Tabel I Pengaruh Tegangan Catu dan Beban terhadap Daya Keluaran

U Catu	Pengukuran				Perhitungan	
	Beban 4		Beban 8		Beban 4	Beban 8
	Uo maks Vpp	P Watt	Uo maks Watt	P Watt	P Watt	P Watt
12 V						

15 V						
17 V						

TUGAS 4



Gambar Rangkaian Pengukuran

Rangkailah peralatan seperti dalam gambar pengukuran disamping. Atur FG pada gelombang sinus dan frekuensi 1kHz. Amplitudo FG diatur 200mVpp (di ubah bila bentuk gelombang keluarannya cacat). Atur tegangan catu seperti tabel, ubah frekuensi FG seperti dalam tabel. Lengkapilah tabel pengukuran.

Tabel II Tanggapan frekuensi

Us = 15 Volt

Ui = 200 mVpp

frek (Hz)	Uo (Vpp)	$20 \log \frac{Uo}{Ui}$	$20 \log \frac{Uo}{Uo\ (1\ KHz)}$
10			
20			



frek (Hz)	Uo (Vpp)	$20 \log \frac{Uo}{Ui}$	$20 \log \frac{Uo}{Uo\ (1\ KHz)}$
50			
100			
200			
500			
1k			
2k			
5k			
10k			
20k			
100k			



3.4. Pengukuran Kualitas Penguat Suara

Untuk dapat meletakkan suatu penguat dalam suatu kelas mutu, harus mengetahui data tekniknya. Biasanya pembuat peralatan menyertakan data-data teknik antara lain untuk sebuah penguat suara, berikut diuraikan data-data yang harus ada pada penguat akhir/daya :

- Faktor cacat
- Cacat intermodulasi
- Daerah pemindahan (tanggapan frekuensi)
- Perbandingan sinyal ke desis
- Cakap silang
- Keseimbangan kanal
- Daya keluaran
- Lebar band daya
- Faktor redaman (damping)

Berikut ini hanya akan dibahas untuk poin ke 3 terakhir, karena yang lainnya sudah dibahas pada bab penguat depan. Dalam pengukurannya semua harus dilakukan pada penguat akhir ini juga.

3.4.1. Daya keluaran

Besaran pengenal daya keluaran dibedakan dalam dua pengertian

a. Daya keluaran nominal

Disebut pula daya terus menerus sinus, daya sinus atau daya terus menerus .

Penguat suara dikendalikan hingga mencapai faktor cacat nominal dengan frekuensi 1000 Hz selama paling tidak 10 menit pada temperatur sekitar 15^{o}C sampai 30^{o}. Tegangan catu daya harus stabil, perubahan yang dibolehkan maksimum 1 %



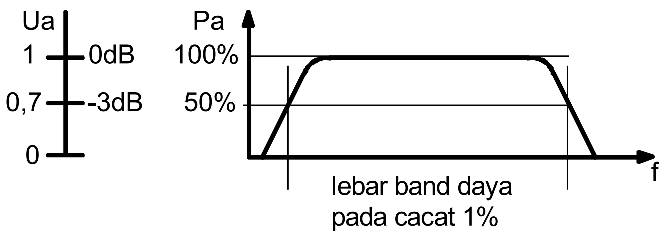
b. Daya musik

Disebut juga daya maksimum sesaat, adalah daya yang dapat diberikan oleh penguat dalam waktu yang pendek, dengan faktor cacat tidak boleh melebihi batas nominalnya.

$$P = \frac{U_a^2}{R_a}$$

3.4.2. Lebar band daya (power bandwidth)

Lebar band daya adalah daerah frekuensi, padanya dicapai daya keluaran nominal separuh harga nominal dengan cacat maksimum seperti faktor cacat yang dibolehkan. Pengukuran sama seperti mengukur daerah pemindahan, dengan patokan penguat dikendalikan sampai daya nominal pada frekuensi 1 kHz (sebagai 0 dB)

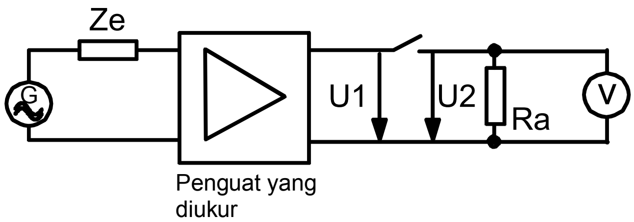


Gambar 3.13. Lebar band daya

3.4.3. Faktor redaman (dumping factor)

Faktor redaman besarnya tergantung dari tahanan penguat dan tahanan beban nominal. Faktor redaman harus sebesar mungkin sehingga loudspeaker teredam dengan kuat dan dengan demikian getaran yang tidak diinginkan tertekan.

Pengukuran diperlihatkan gambar dibawah



Gambar 3.14. Tata cara pengukuran

$$Ra \approx Ra \frac{U1 - U2}{U2}$$

$$\textit{Faktor}\ \text{redaman} = \frac{Ra}{R1}$$

R1 = tahanan dalam penguat (dari keluaran)

U1 = tegangan keluaran beban kosong

U2 = tegangan keluaran berbeban



4. Instalasi Sistem Audio Paging

KOMPETENSI INTI (KI-3)	KOMPETENSI INTI (KI-4)
Kompetensi Dasar (KD): **4. Merencanakan & menerapkan instalasi sistem audio paging**	**Kompetensi Dasar (KD):** **10. Menguji instalasi sistem audio paging**
Indikator: 4.1. Memahami ambang batas gangguan (tingkat kebisingan) lingkungan sekitar 4.2. Merencanakan kebutuhan daya, tata letak dan jumlah loudspeaker yang akan digunakan. 4.3. Menjelaskan sistem paging suara tegangan standar 4.4. Merencanakan daya akustik sistem paging tegangan standar.	**Indikator:** 4.1. Mendimensikan ambang batas gangguan (tingkat kebisingan) lingkungan sekitar 4.2. Mendimensikan kebutuhan daya, tata letak dan jumlah loudspeaker yang akan digunakan. 4.3. Melakukan instalasi sistem paging suara fasilitas umum tegangan standar. 4.4. Menguji kualitas dan daya akustik sistem paging tegangan standar



4. Instalasi Sistem Audio Paging

Masalah utama dalam perencanaan sistem penyuaraan umum (Pubblic Address / PA) adalah bising dan karakteristik tempat dimana sistem akan diinstalasi.Bising dapat di bedakan menjadi dua jenis yaitu bising yang berasal dari dalam gedung sendiri dan dari luar gedung . Bising dalam gedung dapat dari suara sistem penyejuk ruangan, orang bicara, suara mesin atau apa saja yang terjadi dalam gedung sedang bising luar gedung bisa jadi bisingnya lalu lintas , aliran air, ombak laut atau apa saja yang terjadi dimanan itu berada . Bising ini dari waktu-kewaktu dapat berubah-ubah.

Karakteristik akustik akan menjadi problem jika sistem penyuaraan umum diinstal dalam gedung . Faktor utamanya adalah pengulangan (reverberation) dan gema (echo).

4.1.Bising dan Tekanan Bunyi Loudspeaker

Jika level bising (noise) lebih tinggi dari level bunyi yang keluar dari loudspeaker maka bunyi dari loudspeaker tidak dapat didengar . Perbedaan level bunyi yang dibutuhkan antara bunyi loudspeaker (loudspeaker) dan level bising bervariasi tergantung dari jenis dan derajad dari bising, tetapi untuk perbedaan tekanan bunyi antara 6 dB sampai 10 dB sudah cukup untuk digunakan dan sekitar 3 dB cukup untuk digunakan sebagai musik latar belakang atau program musik lainnya .

Sebagai patokan tabel I berikut memperlihatkan level bising pada tempat yang berlainan.



TABEL I

Tempat	Level (dB)
Dekat mesin jet	120
Bawah jembatan kereta api	100
Persimpanagan jalan	80
Bising kantor	60
Daerah pemukiman	40
Daun dihembus angin	20
Bunyi terdengar minimum	0

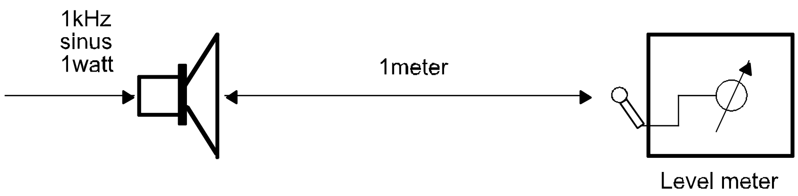
Catatan : Secara umum level bising tinggi pada frekuensi rendah dan rendah pada frekuensi tinggi. Level bising diukur dengan meter bising (noise meter/sound level meter) dan diukur dalam WRMS.

Tekanan Bunyi Keluaran Speaker dan Pelemahan Bunyi.

4.1.1. Tekanan bunyi keluaran

Tekanan bunyi keluaran termasuk dalam spesifikasi loudspeaker, dimana memperlihatkan kuat suara yang dapat diproduksi oleh loudspeaker. Tekanan bunyi keluaran diukur dengan cara loudspeaker dicatu dengan sinyal 1Watt frekuensi 1kHz sinus dan bunyi diukur dengan jarak 1 meter dari loudspeaker.





Gambar 1. Pengukuran level bunyi loud speaker (atas), contoh alat ukur (kanan)



Contoh alat ukur Sound Levelmeter

Tabel berikut contoh tekanan bunyi keluaran beberapa jenis loudspeaker

TABEL II

Jenis loudspeaker	Tekanan bunyi keluaran
Loudpseaker lagit-langit	85dB - 93dB
Loudspeaker Gimnasium Column	90dB - 106dB
Loudspeaker Corong/Horn	95dB - 110dB

Tabel berikut memperlihatkan penambahan bunyi bila loudspeaker dicatu dengan daya lebih dari 1 watt



TABEL III

Masukan speaker	tekanan bunyi penambahan	Masukan speaker	tekanan bunyi penambahan
1 watt	0 dB	16 watt	12 dB
2 watt	3 dB	20 watt	13 dB
3 watt	5 dB	25 watt	14 dB
4 watt	6 dB	30 watt	14.8 dB
5 watt	7 dB	32 watt	15 dB
6 watt	8 dB	40 watt	16 dB
7 watt	8.5 dB	50 watt	17 dB
8 watt	9 dB	60 watt	17.6 dB
9 watt	9.5 dB	70 watt	18.5 dB
10 watt	10 dB	80 watt	19 dB
13 watt	11 dB	90 watt	19.5 dB
15 watt	11.8 dB	100 watt	20 dB

Setiap masukan dua kali lipat memberikan penambahan 3 dB



Contoh :

1. Sebuah loudspeaker mempunyai tekanan bunyi keluaran sebesar 92 dB (1m, 1Watt) bila diberi masukan sebesar 3 watt maka tekanan bunyi yang dihasilkan

   92 dB + 5 dB = 97dB.

2. Berapa watt yang harus diberikan pada masukan loudspeaker bila tekanan bunyi keluaran loudspeaker 95 dB dan diperlukan bunyi dengan tekanan 106 dB ?

Jawab :

Tekanan bunyi keluaran loudspeaker 95 dB dianggap sama dengan standar 0 dB. Maka bunyi dengan tekanan 106 dB maka level bunyi yang harus ditambahkan = 106 dB - 95 dB = 11dB

Sesuai dengan tabel bahwa 11dB mempunyai masukan sebesar 13 watt.

Tekanan bunyi yang sama dapat diperoleh dengan penguat yang berdaya lebih rendah bila loudspeaker yang digunakan mempunyai efisiensi yang lebih besar. Sebagai contoh loudspeaker pertama mempunyai tekanan bunyi keluaran sebesar 87 dB, loudspeaker kedua mempunyai tekanan bunyi keluaran sebesar 90 dB. Untuk memperoleh tekanan bunyi 90 dB pada 1 meter loudspeaker pertama memerlukan masukan 2 watt dan yang kedua hanya 1 watt saja.

Bila sinyal 1 watt dicatukan pada dua loudspeaker yang mempunyai tekanan bunyi keluaran 90 dB maka akan dihasilkan bunyi sebesar 93 dB (bertambah 3 dB). Ini lebih menguntungkan bila diinginkan bunyi 93 dB dengan loudspeaker 90 dB diperlukan masukan 2 watt. Jika hal di atas untuk tiga loudspeaker maka akan diperoleh kalau loudspeaker dicatu dengan 3 watt.

Tabel berikut memperlihatkan tekanan bunyi bila dua loudspeaker atau lebih yang memiliki kapasitas yang sama diinstal pada tempat yang sama.



TABEL IV

Jumlah loudspeaker	Penambahan tekanan bunyi	Jumlah loudspeaker	Penambahan tekanan bunyi
1	0 dB	3	5 dB
2	3 dB	4	6 dB

Selain hal-hal yang telah diperhitungkan diatas, perhitungan bunyi harus ditambah dengan faktor puncak. Hal ini untuk menghindari terjadinya cacat bila sinyal informasi mengalami kenaikan amplitudo secara insidental. Untuk pembicaraan dan latar belakang musik faktor ini antara 6-10 dB dan untuk musik sampai 20 dB.

Tekanan bunyi yang diperlukan =

Level bising + Beda tekanan bunyi yang diinginkan + Faktor puncak

4.1.2 Pelemahan Bunyi

Tekanan bunyi keluaran loudspeaker dapat berkurang dengan bertambahnya jarak. Kuat suara berkurang secara proporsional dengan kuadrat jaraknya. Tabel berikut memperlihatkan pelemahan terhadap jarak dalam ruang bebas (out door) dengan faktor angin, pantulan, tekanan udara, temperatur dan sebagainya tidak diperhitungkan

TABEL V

Jarak (meter)	Pelemahan (dB)	Jarak (meter)	Pelemahan (dB)	Jarak (meter)	Pelemahan (dB)
1	0	14	23	50	
2	6	15	23.5	56	35



Jarak (meter)	Pelemahan (dB)	Jarak (meter)	Pelemahan (dB)	Jarak (meter)	Pelemahan (dB)
3	9.5	18		60	35.5
4		20		64	
5	14	22		70	37
6	15.5	25	28	80	38
7	17	28	29	90	39
8	18	30	29.5	100	40
9	19	32	30	150	43.5
10	20	36	31	200	46
11	21	40	32	300	49.5
113	22	45	33	400	52

Pelemahan bertambah 6 dB setiap penambahan jarak 2 kali lipat

Pelemahan bunyi dalam ruangan (in door) lebih rendah dibanding di luar ruangan hal ini tergantung dari karakteristik akustik ruangan. Secara umum sistem penyuaraan umum dirancang dengan pelemahan suara dalam ruangan bebas digunakan sebagai patokan dan digunakan sebagai faktor puncak.

Pelemahan bervariasi tergantung pula dengan frekuensi, pada frekuensi tinggi pelemahan lebih besar dibanding dengan frekuensi rendah

Contoh Penentuan Daya

Berapa daya yang harus di masukan pada speaker dari sistem PA dalam sebuah kantor yang mempunyai level bising 60 dB beda tekanan bunyi 6 dB dengan



faktor puncak 10 dB speaker dipasang pada langit-langit dengan tinggi langit-langit 2.7 meter dan titik dengan 1 meter dari lantai. Sudut bukaan speaker yang digunakan 90^0.

<u>Penyelesaian :</u>

Langkah 1

Tekanan bunyi yang diperlukan = Level bising+Faktor Puncak+Beda tekanan bunyi yang diinginkan

= 60 + 10 + 6

= 76 dB

Langkah 2

Tekanan bunyi yang diinginkan pada titik dengar 76 dB dengan jarak 1.7 meter dari speaker terdapat redaman sebesar 5 dB berarti diperlukan

tekanan bunyi speaker = Tekanan Bunyi yang diperlukan + Pelemahan pada jarak yang dimaksud

= 76 + 5

= 81 dB

Langkah 3

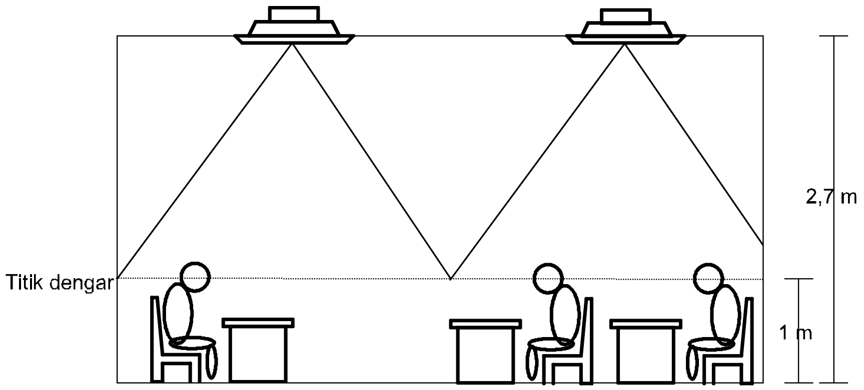
Untuk meratakan tekanan bunyi keseluruh ruangan dengan level bunyi yang rata-rata sama maka perlu dipasang beberapa speaker. Karena sudut bukaan penyebaran speaker 90^0 maka

jarak antar speaker adalah = 2 x (2.7 m - 1 m)

= 3.4 m $\rightarrow$ diambil 3 meter

Langkah 4

Pemilihan speaker model langi-langit disesuaikan estetika dan dipadukan dengan desain interior ruangan . Misalnya dipilih speaker dengan model panel tertentu dan mempunyai tekanan bunyi keluaran 92 dB (1M, 1W) maka untuk speaker cukup dicatu dengan daya 0.1 watt.



Latihan

1. Jelaskan yang dimaksud dengan bising ....
2. Bising dapat di bedakan menjadi dua jenis yaitu ....
   a. ....
   b. ....
3. Di ketahui daya masukan pada speaker sebesar 8 watt, berapakah tekanan bunyi penambahan yang terjadi



....

....

....

....

......

....

4. Berapa watt yang harus diberikan pada masukan loudspeaker bila tekanan bunyi keluaran loudspeaker 75dB dan di perlukan bunyi dengan tekanan 90 dB ?

....

......

....

......

....

......

....

5. Berapakah pelemahan yang terjadi pada tekanan bunyi yang mempunyai jarak 4 m

....

......

....

......

....

......

....

......



....
......

4.3. Penghantar

4.3.1. Tahanan Penghantar

Sebuah penghantar tahanan yang dipengaruhi oleh jenis bahan, luas penampang (A) , panjang penghantar serta temperatur. Semakin panjang penghantar dan semakin kecil luas penampang sebuah penghantar akan memperbesar nilai tahannya. Tahanan jenis bahan penghantar (P) adalah merupakan pengaruh bahan terhadap nilai tahanan penghantar. Dimana nilai tahanan jenis ini terpengaryh oleh temperatur sekelilingnya.

$$R = \frac{\rho . l}{A}$$

R = Tahanan penghantar dalam Ω
l = Panjang penghantar dalam meter
A = Luas penampang dalam mili meter persegi (mm^2)
ρ = Tahanan jenis bahan dalam $\frac{\Omega \, mm^2}{m}$

Berikut tabel tahanan jenis dari beberapa bahan murni dan berlaku hanya pada temperatur 20^0 C

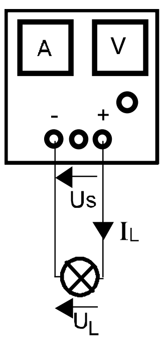
Bahan Murni	**Simbol**	**ρ**
Aluminium	Al	≈ 0,029
Besi	Fe	0,096
Emas	Au	0,24
Germanium	Ge	≈ 890

Perak	Ag	≈ 0,0163
Platina	Pt	0,108
Silikon	Si	≈ 1000
Tembaga	Cu	≈ 0,0175

Contoh :

Berapa besar tahanan dari penghantar berpenampang 1 mm^2 yang panjangnya 100 meter pada temperatur 20^0 C ? **PADA MATERIAL SILICON**

4.3.2. Pengaruh Tahanan Penghantar Penghantar



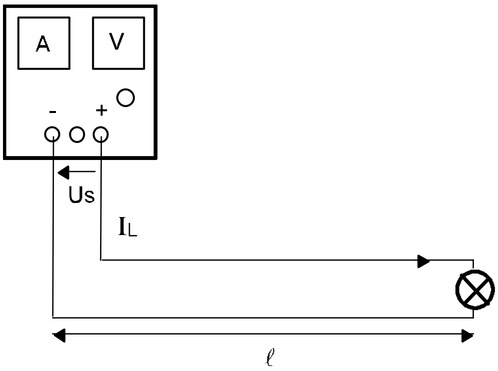
Us = 12 V

...tar sangat pendek ...bungkan beban ke sumber daya maka :

UL = **U**$_S$

Karena tahanan penghantar sangat kecil

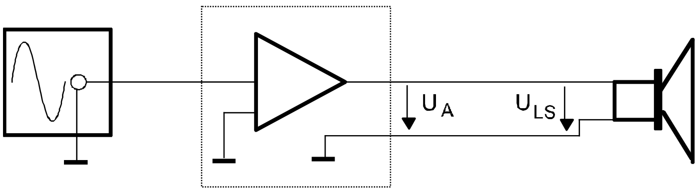
Penghantar cukup panjang menghubungkan beban ke sumber daya maka :

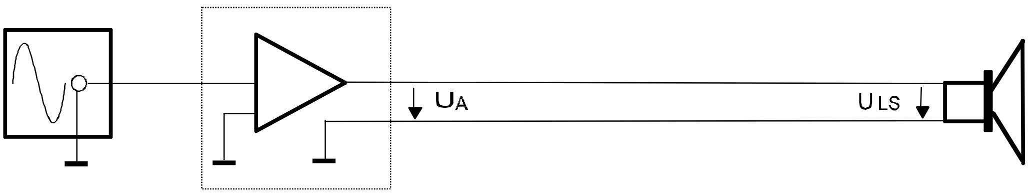


U_L = lebih kecil dari pada Us

Karena terdapat drop tegangan pada tahanan penghantar

Hal seperti yang digambarkan di atas akan terjadi pula pada sistem audio semisi kita menginstal sistem dimana Loudspeaker jauh letaknya dari perangkat penguatnya. Maka kabel yang digunakan harus mempunyai tahanan sekecil sehingga rugi tegangan di penghantar akan semakin kecil.





Berapa daya yang terbangkit di loudspeaker bila U_A = 12 V_{eff} , Z_{LS} = 8 Ω dan penghantar tembaga berpenampang 0.14 mm^2 panjag 50 m yang digunakan ?

……………………………………………..

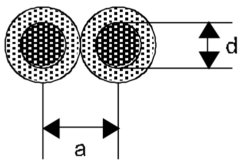
.....

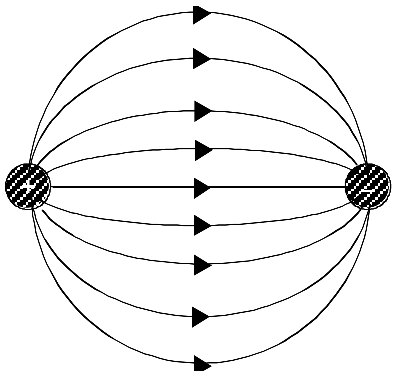


....
......

....
......

4.3.2. Kapasitas Penghantar





Diantara penghantar seperti terlihat pada gambar di atas akan terbangkit medan listrik bila diantara keduanya terdapat beda potensial, bentuk penghantar dan letak keduanya menentukan proses garis medan listrik. Prinsip di atas memperlihatkan efek kapasitor, didalam data penghantar (kabel) dicantumkan pula nilai kapasitansi dalam satuan panjang tertentu. Misalnya 100pF/100m atau 235pF/ 100m. Karena nilainya yang cukup kecil dimungkinkan tidak akan berpengaruh pada frekwensi suara.



4.4. Penyesuaian Tegangan Konstan

Keuntungan: Dalam teknik penyuaraan profesional dalam penguat daya terdapat yang dinamakan keluaran tegangan konstan.

Keluaran tegangan konstan ini memudahkan penyesuaian loudspeaker dengan daya yang berbeda-beda pada pengeluaran penguat dan memungkinkan menyesuaikan pembagian daya penguat dengan karakteristik akustik ruangan.

Hal ini dapat kita persamakan dengan tegangan jala-jala PLN dan loudspeaker sebagai pemakai dengan daya yang berbeda-beda disambungkan pada pengantar catu loud speaker sedang penguat daya sebagai “pembangkitnya”.

Dalam norma disepakati tegangan keluaran sebesar 50 , 70 dan 100 V.

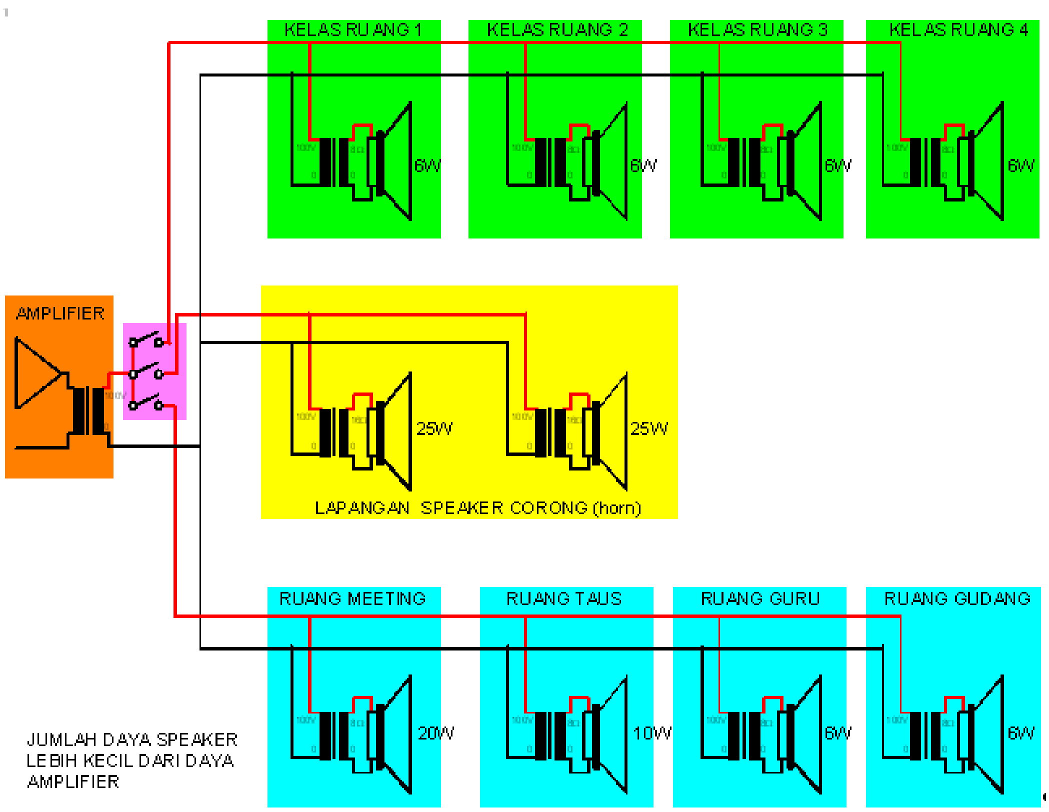
Jumlah impedansi keseluruhan tidak boleh lebih kecil dari tahanan keluaran penguat. Kelebihan lainnya adalah dengan tingginya tegangan kerja maka penghantar dapat dipakai yang lebih kecil dibandingkan pada sistim tegangan rendah, juga berarti kerugian daya pada loudspeaker yang jauh dapat dihindari.



Gambar 1 Peletakan Loudspeaker berjarak 100m

Jika penguat pada Gambar 1 mengeluarkan tegangan 10Vef, maka tegangan pada loudspeaker akan sebesar :

....
....
....
....
....



Gambar 2. Contoh pemasangan

4.4.1. Tegangan Konstan 50/70/100V

Tegangan konstan antara 50/70/100, yang 50 akan mempunyai kebaikan berdasarkan keamanan, karena tegangan belum begitu tinggi sehingga aman untuk manusia.

Perbedaan pengambilan daya antara 100V dan 70V berkisar antara 3 dB atau 50%, ini berarti pada pengubahan dari tegangan keluaran konstan 100 V ke 70 V dapat dipasang jumlah loudspeaker dua kali lipat dengan daya yang sama (pembagian bunyi dipasang dengan porsi yang lebih kecil). Untuk perubahan dari

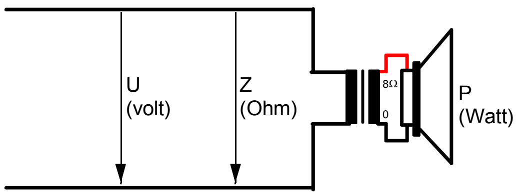


100 V ke 50 V beban loudspeaker akan terenduksi seperempatnya, jadi akan dapat dipasang jumlah loudspeaker empat kali lipat lebih banyak.

Dengan tegangan konstan tegangan tidak tergantung oleh pengambilan daya keluaran sampai seharga keluaranm tegangan nominal penguat.

Dengan pemilihan tegangan konstan terutama 70 V dan 100 V dalam pemasdangan perlu memperhatikan aturan-aturan seperti halnya pada pemasangan listrik.

4.4.2 Penyesuaian Loudspeaker pada Keluaran Tegangan Konstan







Z = u^2/p



Z = impedansi primer

U = tegangan konstan

P = daya dalam watt (VA) dimana

U = 50,70 atau 100 V

Gambar 2 Transformator Matching

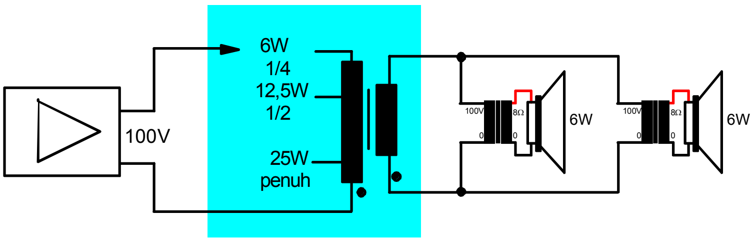
Untuk impedansi sekunder disesuaikan loudspeaker.

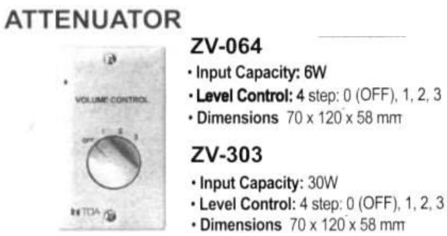


Tabel impedansi (dibulatkan) dihitung dengan rumus diatas.

Daya	50V	70V	100V
0,5 W	5 kΩ	10 kΩ	20 kΩ
1 W	2,5 kΩ	5 kΩ	10 kΩ
2 W	1,25 kΩ	2,5 kΩ	5 kΩ
5 W	500 Ω	1000 Ω	2 kΩ
10 W	250 Ω	500 Ω	1000 Ω
50 W	50 Ω	100 Ω	200 Ω
100 W	25 Ω	5 Ω	100 Ω

Untuk transformator yang dapat diubah untuk dapat menyesuaikan dengan akustik ruang sebagai patokan digunakan pada pengaturan maksimumnya.



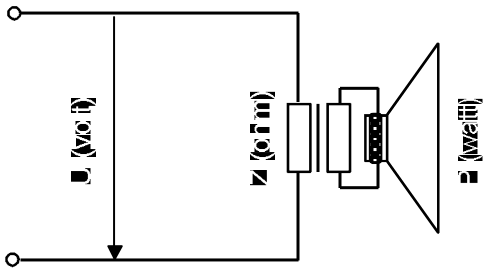


Gambar 3 Attenuator (Volume Control)

Latihan

1. Mengapa jumlah impedansi keseluruhan beban penguat tidak boleh lebih kecil dari impedansi penguat sendiri ?

2.



Diketahui se[erti gambar , U = 50 Volt

P = 5 Watt

Hitunglah impedansi primer Z bila dianggap transformator penyesuai ideal (tanpa kerugian).

3.

Diketahui U = 70 Volt

Z = 500 Ω

Berapakah daya speaker, jika transformator penyesuai impedansi ideal ?